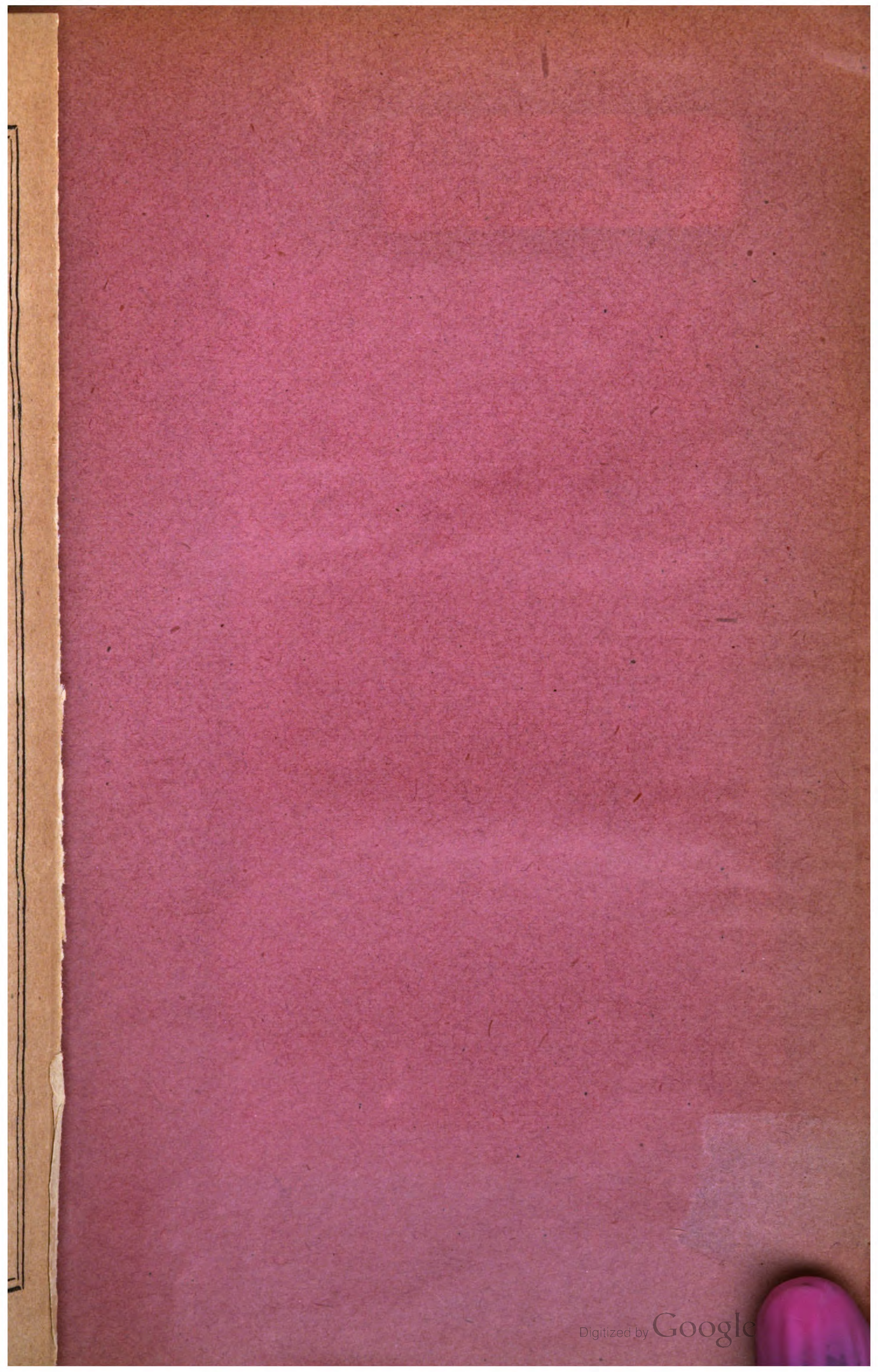

Princeton University Library
32101 063577876





al-Falsafah al-Tabi'iyah

الدروس الاولية

في

الفلسفة الطبيعية

NATURAL PHILOSOPHY.

تأليف

ألن جكسن

Ellen Jackson

معلمة الفلسفة الطبيعية واللغة الانكليزية في مدرسة البنات السورية الانجيلية سابقًا

طبعة ثانية

وقف عليها وهذّبها المعلم اسعد الشدودي

برخصة مجلس معارف ولاية بيروت الجليلة

المطبعة الاميركانية في بيروت سنة ١٨٩٣ مسيحية

مقدّمة

اما بعد فاني لما رأيت المؤلفات في هذا الفنّ باللغة العربية لا تناسب لتدريس التلامذة كتلميذات المدرسة السورية الانجيلية اما لطول عهدها او لانها قد كُتبت لغايةٍ اخرى كتدريس تلامذة المدرسة الكلية بذلتُ جهدي في استخلاص بعض الدروس الاوليّة للتدريس في مدرستنا السورية . ولما عزمت على طبعها اشار عليَّ بعض اهل العلم بتوسيع مباحثها وتكثير موادّها لتكون موافقةً للتدريس في المدارس ولمطالعة الجمهور والعيال . فاستخلصت هذا الكتاب من كتب عديدة مختلفة اللغات ولم استثنِ منها الكتب العربية ككتاب المعلم اسعد الشدودي في الفلسفة الطبيعيّة وغيرهِ وجمعتُ فيهِ اكثر الاكتشافات والاختراعات العلمية الحديثة . وافرغت جهدي في جعلهِ بسيطًا سهل المأْخذ وافيًا باحتياجات الجمهور مفيدًا في تثقيف عقول الطلبة وتنوير اذهانهم وطبعتُ اكثر متنهِ بالحرف الكبير وشرحهِ بالحرف الصغير لتسهل مراجعتهُ على التلميذ وتتوفّر فوائدهُ للمطالع . وهنا اعترف بوجوب الشكر لجناب المعلم فارس نمر ب.ع. لانهُ اخذ بيدي في تأليف هذا الكتاب وضبط الفاظهِ ومعانيهِ



الباب الاول

في المادّة وصفاتها

المقدَّمة

(١) حدود * المادّة (او الهيولى) كلُّ شيءٍ نشعر بهِ بحواسنا . والجسم جزء من المادّة كبيرًا كان او صغيرًا كالكرسيّ والقلم والنحلة. والجوهر الفرد او الجوهر جزء صغير جدًّا من المادّة لا يتجزأ. والدقيقة اصغر جزء من المادّة يتجزأ بالوسائط العمليّة المعروفة بالميكانيكيّة . وهي تحتوي على عددٍ من الجواهر . فالجسم هو ما تألّف من دقائق والدقيقة ما تألّفت من جواهر والجوهر اصغر اجزاء المادّة

مثال ذلك ان الماء في كأسٍ جسم مؤلَّف من دقائق كثيرة وكل دقيقة مؤلّفة من جوهرين من الهيدروجين وجوهر من الاكسجين

(٢) صفات المادّة * صفات المادّة وتُسمّى ايضًا خصائصها نوعان صفات عامّة وصفات خاصّة . فالصفات العامّة هي التي

يشترك فيها كل الاجسام . والصفات الخاصّة هي التي يشترك فيها بعضها فقط

مثال الاثنين . إن الذهب جسم ذو ثقل ولون اصفر . فالثقل صفة عامّة لانهُ لا يختص بالذهب فقط بل يوجد فيهِ وفي بقية الاجسام ايضًا . واما اللون الذهبيُّ فصفة خاصّة لانهُ لا يوجد في كل الاجسام بل يختصُّ ببعضها فقط ولاسيما الذهب * مثال آخر . ان لوح الزجاج ذو شكل وقَصِفٌ اي سريع الانكسار . فالشكل يوجد في كل جسم وليس في الزجاج فقط فهو صفة عامّة واما القَصْف فيختصّ ببعض الاجسام فقط ولاسيما الزجاج فهو صفـة خاصة وقس على ما ذُكر

(٣) تغيُّر المادّة * تغيُّر المادّة على نوعين تغيُّر طبيعي وتغيُّر كيماويّ . فالتغيُّر الطبيعي يلحق صفات المادّة العامّة والتغيُّر الكيماوي يلحق الخاصة

مثال ذلك . اذا طرّقنا الليرة تتطرق وتتغيّر عن هيئتها فتصير ورقًا رقيقًا يُعرَف بورَق الذهب ولكن صفاتها الخاصّة كاللون وغيرهِ مما سيجيء تبقى غير متغيرة فتغيُّر هيئتها هو التغيُّر الطبيعي . وكذلك اذا صهرناها على النار فانها تذوب وهيئتها تتغيّر ولكنّ صفاتها الخاصّة تبقى على حالها . ولكن اذا وضعناها في حامض من الحوامض فتذوب وصفاتها الخاصّة تتغيّر . فتغيّر صفاتها الخاصّة هو التغيّر الكيماوي * مثال آخر . اذا سحبنا مسمارًا حتى صار شريطًا فصفات الحديد الخاصة لا تتغيّر . واما اذا وضعناهُ في الماء فتتغيّر صفاتهُ الخاصة ويصير احمر لينًا قصفًا خشنًا بالصدإِ كما لا يخفى فالاوّل هو التغيّر الطبيعي والثاني هو التغيّر الكيماوي

فبهذا الاعتبار تُقسم العلوم الطبيعية قسمين الفلسفة

الطبيعية والكيمياء . اما الفلسفة الطبيعية فهي علم يبحث فيهِ عن تغيُّر المادَّة تغيُّرًا طبيعيًّا . واما الكيمياء فهي علم يبحث فيهِ عن تغيُّر المادَّة تغيُّرًا كيماويًّا

مسائل للتمرين * اذا مغنطنا سكينًا حتى تصير ترفع الابرة أتكون قد تغيَّرت تغيُّرًا طبيعيًّا أم كيماويًّا . واين يبحث عن ذلك أفي الفلسفة الطبيعيَّة أم في الكيمياء . اشتعال الفحم تغيُّرٌ طبيعيٌّ أم كيماويٌّ . وكذلك حدوث البخار . وتكوُّن الندى . وسقوط الحجارة . ونموُّ الاشجار . وطيران الطيارات . وقطع الحطب . وتفرقع البارود . وغليان الماء . وذوبان الحديد . وجفاف الاثواب . وجمود الماء

الفصل الاول

في صفات المادَّة العامَّة

(٤) قلنا ان صفات المادَّة نوعان عامَّة وخاصَّة . اما الخاصَّة فسيأتي الكلام عليها واما العامَّة فلا بدَّ من وجودها في كل جسم ولا يمكننا ان نتصوَّر المادَّة بدونها . واشهرها الامتداد وعدم التداخل والتجزُّؤ والمساميَّة والاستمرار والبقاء او عدم الملاشاة . ولنشرح كلًّا منها بالتفصيل

(٥) الامتداد * الامتداد هو كون الجسم يشغل حيِّزًا اي فسحةً ذات سطوح هي حدود الجسم . ويسمَّى مقدار الحيِّز الذي يملأهُ الجسم حجمًا . ولكل جسمٍ امتداد اي طول وعرض وعمق

وهذه الامور الثلاثة تُعرَف بالقياس . اما القدماء فكانوا يقيسونها بعضوٍ من اعضائهم كالقدم والذراع وطول الاصبع وعرضها وعرض اليد والشبر وغير ذلك . واما المتأخرون فاصطنعوا لقياسها مقاييس مخصوصة اشهرها المقياس الانكليزي والمقياس الفرنساوي

(٦) عدم التداخل * عدم التداخل هو كون الجسم لا يشغل الاَّ حيزًا واحدًا في وقتٍ واحدٍ . فاذا حلَّ جسم في مكانٍ فلا يمكن ان يحلَّ جسم آخر في نفس المكان الذي هو فيهِ

مثال ذلك . اذا وضعنا كتابًا على كرسيٍ فلا يقدر احد في العالم ان يضع كتابًا آخر في مكانهِ وهو فيهِ . واذا اردنا ان نملأ قنينة ماء من قمع في فمها فلا يمكن ان يترل الماء اليها ان لم يصعد منها الهواء اولاً في فقاقيع . غير ان البعض قد يتوهمون خلاف ذلك فيزعمون ان المسمار يتداخل في الخشب إذا دقَّهُ فيهِ النجّار وان الابرة تتداخل في القماش اذا انفذها فيهِ الخيّاط . والصواب ان المسمار لا يتداخل في الخشب بمعنى انهُ يشغل واياهُ حيزًا واحدًا في وقتٍ واحد بل يبعد من امامهِ دقائق الخشب ويفتح لنفسهِ حيزًا وكذا الابرة . والبعض يتوهمون انهُ يحصل تداخل اذا انزلنا حصى دقيقة في كأسٍ ملآنة ماء ولم ينصبَّ الماء منها . والصحيح ان سطح الماء يتحدَّب فيشغل بذلك حيزًا عوضًا عن الحيز الذي شغلتهُ الحصى

(٧) التجزُّؤ * التجزُّؤ هو كون الجسم يقبل الانقسام . فمهما كان الجسم صغيرًا يمكن قسمتهُ الى اقسام اصغر منهُ ويتضح ذلك من الامثلة الآتية وهي

ان بعض العناكب تنسج بيوتها بخيوط دقيقة كلٌّ منها مؤلَّف من اربعة

خيوط ادقّ منهُ وكل واحد من هذه الاربعة مؤلَّف ايضًا من الف خيط وكل واحد من الألف يخرج من قناة مخصوصة في جسم العنكبوت . وقد دقّق احد العلماء الجرمانيين في فحص هذه الخيوط فوجد انهُ اذا ضمّ ٤٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ خيط منها الى خيطٍ واحد لم تكن اغلظ من شعرة واحدة من شعر لحيتهِ . ولما كان كل خيط منها مؤلفًا من اربعة آلاف خيط ادقّ منهُ كما تقدَّم فكل خيط من الخيوط الدقيقة يساوي غلظهُ $\frac{١}{١٦٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠}$ من غلظ شعرة واحدة من شعر البشر ولذلك قيل ان نصف ليبرة من خيوطها الغليظة تحيط بكرة الارض اذا جُعلت خيطًا واحدًا ولُفّت حولها . مع انهُ لو مددنا تلغرافًا حول الارض على خط الاستواء لاقتضى لهُ خمسون الف الف ليبرا من الشريط المعتاد

اذا وضعنا قمحة من الستركنين[١] في ١٧٥٠٠٠٠ قمحة من الماء شعرنا بطعمها في كل قمحة منهُ . ففي كل قمحة من الماء اذًا $\frac{١}{١٧٥٠٠٠٠}$ من قمحة من الستركنين وهذا المقدار الصغير يشعر بهِ من يذوقهُ * واذا ذوَّبنا قطعة من الفضة بقدر $\frac{١}{١٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠}$ من القيراط المكعَّب في الحامض النتريك . ثم صببناها في مئة قيراط مكعَّب من الماء واذبنا فيها قليلاً من ملح الطعام يتعكَّر المذوَّب ويصير ابيض لبنيًا ويبقى هذا اللون ظاهرًا للعين ولو في ما يساوي $\frac{١}{١٠٠}$ من القيراط المكعَّب وفي ذلك من الفضة $\frac{١}{١٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠}$ فقط من القيراط المكعَّب[٢]

واذا فحصنا الهباء الذي نراهُ يَسطع في البيوت من ضوء الشمس وجدنا كثيرًا منهُ بزرَ نباتٍ . فاذا وقع هذا البزر على ارض رطبة نما وتكوَّنت منهُ

(١) الستركنين ضرب من السم وهو كثير الاستعمال في الطب دواء

(٢) يظهر عظم هذا العدد ١٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ من الفرض الآتي وهو : انهُ لو ابتدأ آدم يعدّ واحدًا كل ثانية من ساعة خلقهِ المعهودة الى الآن ما كمَّل ربعهُ . ولو ابتدأ هو وحواء معًا في العدّ واشتغلا ليلاً ونهارًا على المعدل المذكور ما ذاقا طعم الراحة الاّ بعد مضي نحو عشرة آلاف سنة من الآن فكيف بهذا العدد ١٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠

العفونة . ثم اذا فحصناها بمكرسكوب رأيناها غابًا كثير الاشجار مشتبك الاغصان حال كون العين وحدها لا تميّز شيئًا من ذلك

ففي هذه الامثلة ندرك صفة التجزّوء بحاستي الذوق والبصر فاذا عجزت حاسّة البصر عن ان تدركها مجرّدةً استخدمنا مع العين المكرسكوب كما تقدَّم . ويظهر من هذه الامثلة ان هذا التجزّوء لا ينتهي بل ان المادّة تقبل الانقسام مهما صغرت اقسامها ولكنّ رأي الفلاسفة انهُ وان كان التجزّؤ لم ينتهِ بالتجربة فهو ينتهي في الواقع عند حدٍّ معيّن ويُعرَف رأيهم هذا بالرأي الجوهري

(٨) الرأي الجوهري * هو ان المادّة مؤلفة من اجزاء على غاية الصغر تسمّى جواهر . وان لكل جوهرٍ منها شكلًا ولونًا وثقلًا ونحوها وانها تبقى على حالها ابدًا فلا يلحقها تغيُّر طبيعيٌّ ولا كيماويٌّ . وهذه الجواهر لم يرَها احد ولا برهان قطعيٌّ على وجودها ولكنها توافق العلوم ولاسيما علم الكيمياء ولذلك اجمع العلماء على قبولها

ويُستعان على تصوّر هذه الجواهر وصغرها بما يأتي . ان بعض الحيوانات لشدّة صغرها لا تُرى بالعين ان لم تستعن بالمكرسكوب فان ملايين منها تعيش في نقطة ماء صغيرة تَعلَقُ برأس الابرة مثلًا وتنمو هناك وتتكاثر وتموت كما تعيش حيوانات البَرّ في القفار وحيوانات الماء في البحار . ويسطو بعضها على بعض ويقاتل ويفترس بعضها بعضًا كالكواسر والجوارح . وهي كثيرة الوجود وقلّما يخلو منها مستنقع في ايام الصيف . وتصعد في البخار الذي يتصاعد عن الماء بحرارة الشمس وتطير في الجوّ مع المياه ثم تعيش وتكثر حيثما نزلت ووافقتها الرطوبة والحرارة . ومع كل صغرها فقد تحجّر منها افواج لا تحصى حتى كُوِّن منها طبقات متسعة من الصخور الطباشيرية في الارض . فاذا فحصنا تربة طرابلس التي يُصقَل بها رأيناها مؤلفة من هياكل هذه الحيوانات التي لا يساوي وزن

هيكلٍ منها اكثر من $\frac{١}{١٨٧ ... ...}$ من القمحة وكذلك اذا فحصنا الطباشير رأيناهُ مؤلفًا من اصدافٍ دقيقة على غاية الصغر . فالذي يفكّر في صغر الحيوانات التي كانت عائشة فيها يكاد يعجز عن ادراك اجسامها بجملتها . فكيف اذا قيل لهُ ان لكل حيوان منها معدةً او اكثر لهضم طعامهِ والاغتذاء بهِ وان طعامهُ لا يدخل الى معدهِ ولا يغذّيهِ الاَّ بعد ما يدور في اقنية متعدّدة في جسمهِ . ثم لا يخفى ان طعام هذه الحيوانات مؤلّف من دقائق سائلة ودقائق جامدة كاطعمة باقي الحيوانات فهذه الدقائق هي بالضرورة اصغر من كل ما ذُكر حتى يكاد صغرها لا يُدرك . ولكنها مع ذلك مؤلفة من اجزاء اصغر منها وهي الجواهر التي تتألّف منها الدقائق كما تقدّم

(٩) المساميةّ * المساميةّ هي كون الجسم ذا مسامّ كبيرة كانت حتى تراها العين كما في ثقوب الخبز والاسفنج والفخّار او صغيرة حتى لا تراها العين كما انها لا ترى الجواهر . وسبب وجود المسامّ في الاجسام هو ان دقائق الجسم لا تلتصق بعضها ببعض التصاقًا تامًّا بل يبقى بينها فسحات صغيرة فاصلة بين دقيقة واخرى

(١٠) المسامُّ والجواهر * ان المسامّ الصغيرة وان تكن لشدّة صغرها لا تُرى بالمكرسكوب فهي اكبر من الجواهر بما لا يُقاس . فلو تصوّرنا ان في المسامّ حيوانًا صغيرًا جدًّا جدًّا بحيث يعيش على جوهر من الجواهر كما يعيش انسانٌ منا على الارض . وفرضنا ان ذلك الجوهر واقعٌ في وسط حجرٍ لكان الحيوان المشار اليهِ يرى اقرب الجواهر اليهِ بعيدة جدًّا عنهُ كما نرى نحن الشمس والقمر

والنجوم وربما كان يحتاج لمعرفة تلك الجواهر نظّارات كبيرة كما نحتاج نحن اليها لمعرفة الأجرام السماوية . فيظهر من ذلك اتساع المسامّ بالنسبة الى الجواهر. وتتضح المساميّة بالامثلة الآتية

اولاً . اذا ملأنا كأساً ماء يمكن ان نزيدها ملحاً كثيراً بدون ان نشعر بزيادة حجم الماء وانما ينبغي ان نزيد الملح شيئاً فشيئاً ليذوب ويفلت الهواء منه في فقاقيع . ثم يمكن بعد هذا ان نزيد كثيراً من دقيق السكّر وبعدهُ جسماً آخر يقبل الذوبان ويبقى الماء قدر ما كان اولاً. والسبب في عدم ازدياد الماء هو ان دقائق السكّر اصغر من دقائق الملح ودقائق الملح اصغر من دقائق الماء فتحلّ دقائق الملح في المسام التي بين دقائق الماء ودقائق السكّر في المسام التي بين دقائق الملح. كما اذا ملأنا صحناً برتقالاً فانهُ يسع فوقهُ كثيراً من الحمّص وفوق الحمّص مقداراً من الحصى الصغيرة وفوق الحصى رملاً وفوق الكل قليلاً من الماء

ثانياً . اخذ بعض اهل فلورنسا بايطاليا كرة مجوّفة من الذهب وملأها ماء ثم سدّها سدّاً محكماً وضغطها من الخارج فتسطحت قليلاً وصغر حجمها فخرج الماء من مسامها وتجمّع على سطحها نقطاً كنقط الندى . فتحقّق من ذلك ان الذهب ذو مسام ومسامهُ اكبر من دقائق الماء . وكان ذلك في القرن السابع عشر

ثالثاً . ان الذين يريدون تجربة المدافع الكبيرة يضغطون الماء فيها حتى يرتشح من مسامها ويصير زَبَداً على سطوحها ثم يتجمّع ويقطر عنها

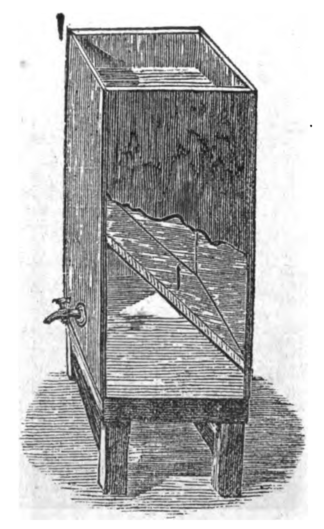
رابعاً. ان الاعمدة الحجرية والقناطر تنضغط احياناً فتقصر اذا كانت تحت بناء عظيم لزيادة ثقلهِ . قيل ان اعمدة البانثيون [1] في باريس قد قصرت

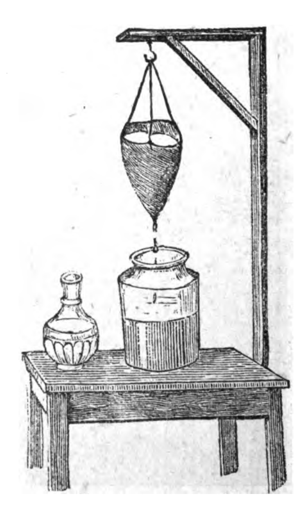
(١) البانثيون ومعناها كل الآلهة اسم لكل بناء مستدير مفرز لعبادة جميع الآلهة وقد يطلق الآن على الابنية المستديرة المفرزة لجميع القديسين او لغير ذلك . اشهرها البانثيون الذي بناهُ اغريبا برومية سنة ٢٥ قبل المسيح

بسبب ما عليها من الثقل

خامسًا. اذا طُمرت النار في الرماد لا تنطفئ لان الرماد ذو مسام فيدخل منها ما يكفي من الهواء لاشعال الفحم اشعالاً بطيئًا فلا ينطفئ

سادسًا. ان الكيماويين والصيادلة والعطّارين وغيرهم ينتفعون بالمسامية في ترشيح المواد وتصفيتها لان المِرشحة لا تصلح الاّ اذا كانت ذات مسام كما هو معروف. فيوضع فيها السائل المرادُ تصفيتهُ فتنزل دقائقهُ من مسامها وتبقى فيها المواد الجامدة كالعكر ونحوهِ. وعلى هذه الكيفية يصفو الماء في الطبيعة من الإكدار والاقذار لانهُ يتخلَّل الحصى والرمال وينفذ من الخلايا التي بينها نقيًّا صافيًا . وعلى هذه الكيفية ايضًا يصفّون الماء في الحياض فانهم يقسمون الحوض في الوسط ويضعون في الجانب الواحد رملاً وفحمًا وفي الجانب الآخر الماء فيجري الماء من خلال الرمل والفحم ويتنقّى . وهكذا تصنع المراشح الصغيرة ايضًا وهي عبارة عن صندوق يملأُ حصًى وفحمًا الاّ قليلاً منهُ وفي اعلاهُ وعاء يصبُّ فيهِ الماء فيتحلّب الى اسفل الصندوق ويخرج من هناك بحنفيَّةٍ كما ترى في الشكل الأوَّل





الشكل ١

سابعًا. ان الغازات اجسام ذات مسام كما يظهر من انّا اذا ملأنا وعاء غازًا من الغازات فالوعاء يسع غازًا غيرهُ ايضًا وهو ملآن كأن الغاز الأوّل غير موجود. وسببهُ ذلك هو ان دقائق الغاز الثاني تدخل بين دقائق الغاز الأوّل وتستقرّ هناك وهذا معنى قولهم "الغاز الواحد فراغ للآخر"

(١١) الاستمرار * الاستمرار هو بقاء المادّة على حالٍ واحدة من الحركة او السكون لانها لا تقدر من نفسها ان تتحرك اذا كانت ساكنةً ولا ان تسكن اذا كانت متحركةً. فاذا تركنا كتابًا في مكان ثم رجعنا ولم نجدهُ علمنا ان شخصًا اخذهُ من مكانهِ لانهُ لا يقدر ان ينتقل من ذاتهِ. وكذلك اذا رمينا حجرًا فالحجر يبقى متحركًا الى الابد ان لم يعرض لهُ ما يوقفهُ عن حركتهِ. على ان من لم يتفكّر في ذلك يظن ان كل الاجسام من طبعها السكون فاذا قيل لهُ ان الكتاب لا ينتقل من نفسهِ بل يبقى ساكنًا سلّم بديهًا واما اذا قيل لهُ ان الحجر يبقى متحركًا الى الابد اذا لم يوقفهُ شيءٌ آخر استصعب تصديق ذلك لان المشاهدة تدلهُ على ان الحجر يسكن بعدما يتحرك. والصواب ان الحجر لا يسكن الّا لاسباب تقاومهُ عن الحركة كما سيأتي مفصّلاً. ويتضح الاستمرار بالامثلة الآتية

اوّلًا. اذا كانت عربة ساكنة واردنا ان نمشّيها لزم لذلك قوّة عظيمة حتى يتغلّب استمرارها على السكون ولكن اذا تحرّكت لم يعد يلزم لتمشيتها كل تلك القوّة. واذا اردنا ان نوقفها وهي جارية التزمنا ان نبذل لذلك من القوّة ما بذلناهُ لتمشيتها وهي ساكنة

ثانيًا . اذا كانت عرَبة جارية وقفز منها انسان يخشى عليهِ ان يضرَّ نفسهُ وذلك لان سرعة جسدهِ تكون كسرعة العربة بسبب الاستمرار فمتى لامست قدماهُ الارض تقفان واما جسدهُ فيبقى مسرعًا سرعة العربة فيقع . ولذلك لا يأمن الانسان ضرر القفز الَّا اذا قفز الى الجهة الجارية اليها العربة ولم يقف عندما تلامس قدماهُ الارض بل يركض قليلاً حتى يتغلَّب على استمرار جسدهِ فيدور حينئذٍ كيف شاء

ثالثًا . اذا نفضنا ثوبًا من الغبار يُبعَد الثوب بغتةً بحركة النفض السريعة عن دقائق الغبار الملتصقة بهِ وتبقى دقائق الغبار في موضعها بسبب استمرارها على السكون فتنفصل عنهُ . وكذلك اذا اردنا ان ننفض كتابًا نضربهُ بآخر فيتحرَّك هو وما عليهِ من الغبار حركة سريعة ثم انهُ يقف بملامسة الكتاب الآخر لهُ واما الغبار فيبقى متحركًا بالاستمرار فينفصل عنهُ

مسائل للتمرين * اذا ركض فرس بفارس ثم وقف بغتةً فالى اي جهة يسقط الفارس . اذا وقفنا في قارب فلماذا نميل الى الوراء عندما يبتدئُ القارب في السير . اذا طاردنا مطاردٌ فلماذا نجو منهُ بالتعريج عن جهة الركض . اذا دارت عرَبة بزاوية فلماذا يخشى انقلابها . اذا وضعتَ كرتونة على اصبعك ووضعت على الكرتونة درهمًا يمكنك ان تدفع الكرتونة ويبقي الدرهم على اصبعك فما تعليل ذلك . لماذا لا يبقى ما على راحة الخباز من الخبز في فرن النار اذا ادخلها الى الفرن ثم سحبها بسرعة . اذا اردنا ان نقفز قفزًا كبيرًا فلماذا نطيل الجري قبلهُ . اذا ركبت فرسًا فكيف تميل عندما تركضهُ او توقفهُ او تديرهُ في دائرة

(١٣) البقاء او عدم الملاشاة * هو كون المادَّة لا تفنى الَّا بأمر خالقها فمهما فعلنا بها لا نلاشيها وانما نغيرها من صورة الى اخرى . فاذا قطعنا شجرة مثلاً ثم نشرناها الواحًا وبنينا من الالواح

بيتًا فاحترق البيت ولم يبقَ منهُ الاَّ الرماد لاتفنى المادَّة[1] بل تبقى جواهرها نفسها في الرماد وما تصاعد عنهُ من الدخان وغيرهِ ولا تتغيّر تلك الجواهر لونًا ولا ثقلاً خلافًا للقدماء فانهم كانوا يزعمون ان الجسم اذا احترق يتلاشى بعض مادتهِ حتى اوضح فساد ذلك الفيلسوف لافوازيي بأن حرق جسمًا وجمع كل ما تطاير عنهُ وما بقي منهُ ووزنهُ فلم يجد فيهِ نقصًا

(١٣) الانضغاط * هو تضيّق المساميَّة اي تقريب دقائق الجسم بواسطة ضغط بعضها الى بعض حتى تصغر الفسَح بينها فلا انضغاط بدون مساميّة فهو دليل عليها وتمتاز بهِ الغازات لانها تنضغط اكثر من الجوامد والسائلات . واما الجوامد فيلزم لضغطها قوّة اشدّ من القوّة التي تنضغط بها الغازات . واما السائلات فلا تكاد تنضغط على الاطلاق ولذلك انكر الناس انضغاطها زمانًا طويلاً . وهي وان كانت تنضغط لم يقدر الانسان ان يستخدم انضغاطها لعمل من الاعمال

(١٤) الثقل * هو صفة من صفات المادَّة العامة ولكنهُ

(١) يحكى ان السر ولتر رالي كان ذات يوم يدخن عند اليصابات ملكة الانكليز فقال لها اني اشارط على معرفة ثقل هذا الدخان الصاعد عن غليوني فشارطتهُ على ذلك فلما فرغ وزن ما بقي في غليونهِ من الرماد وطرحهُ من وزن التبغ الذي وضعهُ في غليونهِ فبقي وزن الدخان. قيل فاقامت الملكة بما تعهدت بهِ فرحةً بانها قد تعلمت شيئًا عن البقاء

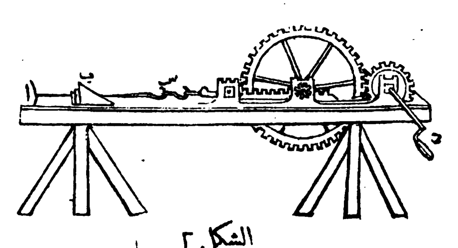
ليس لازماً لها اذ يمكننا ان نتصوّر مادّة لا ثقل لها . وهو نتيجة الجاذبية فلولاها لم يكن للاجسام ثقل ولو كان في الكون جسم واحد فقط ما كان لهُ ثقل لعدم وجود ما يجذبهُ الى جهة من الجهات وسيتضح ذلك بالتفصيل ان شاء الله

الفصل الثاني

في صفات المادّة الخاصّة

(١٥) اننا تكلمنا في ما سبق عن اشهر صفات المادّة العامة والآن نتكلم عن صفاتها الخاصّة فنقول . الصفات الخاصة هي التي تختصُّ ببعض الاجسام دون البعض الآخر. واشهرها الانسحاب والانطراق والصلابة والمرونة والقساوة والانقصاف . وكلها حاصلة من تكيُّف جاذبية الملاصقة تكيُّفات شتَّى . وسيأتي الكلام على جاذبية الملاصقة

(١٦) الانسحاب * هو كون الجسم ينسحب شريطًا وهذه صورة آلة لسحب الحديد شريطًا



الشكل ٢

فالحرف ب يدل على صورة صفيحة من الفولاذ مثقوبة ثقوبًا تتناقص في الاتساع بالتدريج. والحرف ا على صورة قضيب من الحديد مرأس من احد طرفيهِ حتى يدخل في الثقوب . وبعد دخولهِ يُمسَك بكلاَّبين س ويدار الدولاب بالمقبض د فيسحب الكلاَّبان القضيب فيستدق ويستطيل . ثم يُدخَل في ثقب اضيق من الثقب الاوَّل ويُسحَب كما سُحب اولاً . ثم يُدخَل في ثقب آخر اضيق من هذا وهلمَّ جرًّا حتى

يصير في الثخن المطلوب . وتختلف سرعة السحب من قدم الى ستّ اقدام في الثانية حسبما يراد شكل الشريط ونوعهُ وتدهن الثقوب جيدًا بدهن او شحم . وبعد ما ينسحب القضيب بضع مرّات يقلّ انسحابهُ فيليَّن باحمائهِ في الكور ثم يُترك ليبرد رويدًا فيصير شريطًا . وكلما ازداد الحديد سحبًا زاد صلابةً فاذا كان قضيبٌ منهُ مقطوعهُ ربع قيراط مربَّع يحمل مئة وعشرين قنطارًا فاذا انسحب شريطًا غليظًا حمل مئة وستين قنطارًا واذ انسحب شريطًا دقيقًا حمل ثلاث مئة وستين قنطارًا

واعلم ان الذهب والفضة والپلاتين[1] اقبل المعادن انسحابًا . فاذا لبّسنا قضيبًا من الفضّة غلظهُ قيراط ورَق الذهب ينسحب حتى يصير دقيقًا كالشعرة ويبقى الذهب عليهِ منسحبًا معهُ . وعلى ما تقدّم يمكن ان ينسحب ٣٦ درهمًا من الذهب حتى يذهَّب بها طول مئة ميل من خيوط الفضة او النحاس المذهَّبة التي يطرَّز بها . ومع ان الپلاتين اثقل من الحديد نحو ثلاث مرّات ينسحب شريطًا دقيقًا الى الغاية حتى تبلغ القمحة منهُ طول مئة ميل . والنحاس ينسحب كثيرًا ايضًا فانهم ينسجون من شريطهِ نسيجًا كالشبك دقيقًا جدًّا بحيث يكون فيهِ سبعة وستون الف خُرْبٍ في مساحة قيراط مربَّع

(١٧) الانطراق * هو كون الجسم قابلاً للتطريق والتصفيح. واشدُّ المعادن انطراقًا الذهب فانهُ ينطرق حتى يصير رقيقًا كالورق ويُعرف حينئذٍ بورق الذهب وهذه طريقة اصطناعهِ

تؤْخذ سبيكة من الذهب وتمرُّ مرارًا كثيرة بين اسطوانتين من الفولاذ تدوران قريبتين احداها من الاخرى فاذا كان وزن السبيكة اثني عشر درهمًا تنطرق حتى يصير عرضها قيراطًا وطولها خمس عشرة قدمًا . ثم تُقصُّ قطعًا طول القطعة منها قيراط ويؤْخذ منها مئة وخمسون قطعة وتوضع مع قطع من

(١) البلاتين معدن ابيض اللون كالفضة وهو اثقل جميع المعادن واقسى من الحديد

الورق الشديد مساحة القطعة اربعة قراريط مربعة بحيث تلي كل قطعة من الذهب قطعة من الورق . وبعد ذلك تخبط خبطًا شديدًا بمطرقة ثقيلة حتى تنطرق قطع الذهب وتصير كقطعة الورق في الاتساع. فتُفرَز من بين الورق وتُقصّ كل قطعة منها الى اربعة اقسام فتصير ٦٠٠ قطعة . ثم توضع كلها في جلد يستعملهُ طارقو الذهب وتخبط ثانيةً وتُنشر بالتنفس عليها وتُقصّ ايضًا كل قطعة منها الى اربعة اقسام فتصير ٢٤٠٠ قطعة . ثم تؤخذ هذه وتخبط ثالثةً وتخرَج وتُنشر وتُقصّ وهكذا حتى يصير سمك ٢٦٠٠٠٠ ورقة منها معًا قيراطًا واحدًا . فتسوَّى حينئذٍ وتوضع خمسًا وعشرين خمسًا وعشرين بين اوراق كتب صغيرة * ومن الاجسام المنطرقة جدًّا النحاس الاحمر فان النحَّاس يصطنع مغرفة مجوَّفة محكمة بتطريق كتلة غليظة منهُ

(١٨) الصلابة * هي كون الجسم يعسُر تفريق اتصالهِ او مطهُ . واصلب المعادن الحديد فان شريطة منهُ قطرها ٧٨. من القيراط تحمل ثقل ٤٥٠ ليبرا فلو بدلنا شريط الحديد بشريط رصاص من ثخنهِ لانقطع بثقل ٢٨ ليبرا فقط

(١٩) المرونة * هي رجوع الجسم الى حالتهِ الاصلية بعدما يكون مضغوطًا او ممطوطًا او مفتولًا فهي على ثلاثة انواع مرونة الضغط ومرونة المطّ ومرونة الفتل . ولنشرح هذه الثلاثة الانواع بالتفصيل

(٢٠) مرونة الضغط * اولًا . ان كثيرًا من الجوامد تظهر مرونة الضغط فيهِ بوضوح تامّ فمن ذلك سيف عُرِض في معرض بلندن كان يلتوي حتى يمسّ رأسهُ مقبضهُ ولا ينقصف ويرجع مستقيمًا كما كان حالما يرفع الضغط عنهُ .

ومن ذلك العاج وتظهر مرونتهُ هكذا : ادهن سطحًا صقيلاً مستويًا من الرخام بزيت ثم ارمِ عليهِ كرة من العاج فتترك الكرة اثر ملامستها على سطح الرخام وهذا الأثر يتسع كلما زيد العلوّ الذي تُرمى الكرة منهُ . وذلك دليل على ان كرة العاج تنضغط عندما تمسّ الرخام فتنسطح كما تنسطح طابة الهواء اذا اصابت حائطًا او نحوهُ ثم ترجع بالمرونة الى حالتها الاصلية فتندفع عن سطح الرخام كما تندفع الطابة راجعةً عن الحائط . اما اللاقونة والدلغان والعجين ونحوها فقليلة المرونة .

ثانيًا . ان السائلات لا تنضغط الاّ بصعوبة كليّة[1] ولكن اذا ارتفع الضغط عنها ترجع الى حالها الاولى فهي اذًا مرنة قليلاً

ثالثًا . ان الغازات تنضغط بسهولة وهي تامّة المرونة . فاذا ضغط جسم سطح الماء وكان ضغطهُ لكل قيراط مربّع من الماء يساوي ثقل ١٥ ليبرا لا يصغر حجم الماء الاّ $\frac{١}{٢٠٠٠٠}$ منهُ فقط واما اذا انتقل ذلك الضغط الى غاز فان حجمهُ يصغر الى نصف ما كان اولاً . ويمكن ان يُترك الغاز سنين منضغطًا ثم يرجع كما كان حالما يُرفع الضغط عنهُ

(٢١) مرونة المطّ * هذه تُشاهد كثيرًا في الجوامد وقليلاً في السائلات ولا وجود لها في الغازات . مثالها في الجوامد . اذا مطّ المغيط وتُرك يرجع حالاً كما كان واذا لم يُترك يبقى شادًا طالبًا الرجوع الى ما كان عليهِ . الاّ انهُ هو وبقية الجوامد اذا مطّت زمانًا طويلاً تفقد مرونتها شيئًا فشيئًا ولذلك يرخي الموسيقيون اوتار آلاتهم اذا لم يريدوا ان يضربوا عليها فلا ترتخي * ومثالها في

---

(١) ويتضح ذلك من الجدول الآتي وهو عبارة عن انضغاط السائلات المذكورة فيهِ تحت هواء ثقلهُ ١٥ ليبرا على كل قيراط مربّع

الماء	$\frac{٥٠}{١٠٠٠٠٠٠}$	الايثر	$\frac{١٥}{١٠٠٠٠٠٠}$	الكلوروفورم	$\frac{٦٥}{١٠٠٠٠٠٠}$
الزئبق	$\frac{٥}{١٠٠٠٠٠٠}$	الكحول	$\frac{٩٩}{١٠٠٠٠٠٠}$	ماء البحر	$\frac{٤٤}{١٠٠٠٠٠٠}$

السائلات . اذا كان على فم قنينة نقطة ماء ومسسناها بقضيب من الزجاج تمطّ قليلاً ثم اذا تركناها ترجع بالمرونة نقطة مستديرة كما كانت . واما الغازات فلا يظهر فيها شيءٌ من ذلك

(٣٢) مرونة الفتل * هي صفة لبعض الاجسام بها يرجع الخيط الى حالهِ الأولى بعد فتلهِ وكذلك الشريط بعد ليّهِ . وهي كثيرة المنفعة في العلوم الطبيعيّة لانها دقيقة القياس فتقاس بها بعض القوى بدقّة عظيمة كما سيُذكر في باب الكهربائية

(٣٣) القساوة * هي كون الجسم لايذعن للضغط الاّ بصعوبة فيقال عن جسمٍ انهُ اقسى من غيرهِ اذا كان يخدشهُ او ياكل منهُ. والقساوة لاتتوقّف على الكثافة[1] فالذهب مثلاً اكثف من الحديد ولكن الحديد اقسى من الذهب والزئبق اكثف من الحديد ضعفين مع ان الزئبق سائل والحديد جامد

(٣٤) الانقصاف * هو كون الجسم سهل الكسر وكثيرًا ما يكون في الاجسام القاسية كالزجاج فانهُ يخدش الحديد ولكنهُ سهل الكسر جدًّا

---

(١) الكثافة هي مقدار المادة في جرمٍ مفروض فيقال ان هذا الجسم كثيف اذا كانت مادتهُ كثيرة ودقائقهُ محشودة متقاربة . وضدهُ اللطيف وهذا يقال غالبًا عن الغازات كما ستعلم



الباب الثاني

في الجاذبية

الفصل الاول

في قوّتي الجذب والدفع بين الدقائق

(٣٥) تُسمّى هاتان القوّتان (١) بقوّتَي الدقائق لانهما توجدان في دقائق المادّة وتفعلان على ابعاد لا يُشعر بها لصغرها كما يتضح مما يأتي: اذا اردنا ان نكسر حديدة تعسر علينا ذلك لان بين دقائقها قوّةً تمسكها بعضها ببعض بحيث تبقى متلاصقة وتقاوم قوّتنا. وكذلك اذا اردنا ان نضغطها وجدنا ان بين دقائقها قوّة تبعدها بعضها عن بعض وتقاوم قوّتنا مع ان انضغاطها ممكن لابتعاد دقائقها بعضها عن بعض بسبب المسام التي بينها. فيُستنتج من ذلك انّ بين دقائق المادّة قوّتين متضادتين احداهما تجذب

---

(١) القوة هي ما يحدث الحركة او يبطلها كما سيجيء

الدقائق بعضها نحو بعض وتسمّى قوّة الجذب والاخرى تدفعها بعضها عن بعض وتسمى قوّة المدفع. اما قوّة الدفع فتقوى بالحرارة لاننا اذا سخّنا ثلجةً مثلاً فقوّة الجذب تتناقص بين دقائقها وقوّة الدفع تتزايد حتي تصير الثلجة ماء اسي حتى يصير الجامد سائلاً وتتغلب قوّة الدفع بزيادة الحرارة حتى يصير ذلك الماء بخارًا . ثم اذا ابطلنا الحرارة وبُرّد البخار يصير ماء ثم ثلجًا فيرجع جامدًا كما كان

(٣٦) قوّة الجذب * واما قوّة الجذب فعلى ثلاثة انواع جاذبيّة الملاصقة وجاذبيّة الالتصاق والالفة الكيماويّة . اما الالفة الكيماويّة فتغيّر الاجسام تغييرًا كيماويًّا والبحث عنها يختصّ بعلم الكيمياء فلا نتعرّض لها هنا .واما جاذبيّة الملاصقة فهي القوّة التي بها تلتصق دقائق نوع واحد فقط من المادّة بعضها ببعض وبها يتعلّق ما يأتي . واما جاذبيّة الالتصاق فسيأتي الكلام عليها

(٣٧) حالات المادّة الثلاث * المادّة اما جامدة او سائلة او غازيّة[1] . وهذه الحالات الثلاث تتوقّف على قوّة الجذب وقوة الدفع وبعبارة اخصّ على جاذبيّة الملاصقة والحرارة . فاذا كانت قوة الجذب اشدّ من قوة الدفع في جسمٍ فذلك الجسم جامد .

(١) في اواسط سنة ١٨٧٩ جرّب كروكس الانكليزي تجارب عديدة امام المجمع الملكي تشير الى وجود حال رابعة للاجسام وراء الغازية

واذا كانت قوة الجذب مساوية تقريباً لقوة الدفع فالجسم سائل واذا كانت قوة الجذب اضعف من قوة الدفع فالجسم غازيٌّ. وكل الاجسام يمكن ان تتحوَّل من حال الى اخرى من هذه الحالات الثلاث[1] فاذا سخنَّا جسماً جامداً كالثلج تحوَّل الى ماء اي الى سائل ثم الى بخار اي الى غاز . وبالعكس اذا بردنا البخار تحوَّل الى ماء ثم الى ثلج . واكثر الجوامد يتحوَّل بسهولة الى السيولة وبعضها يتحوَّل غازاً بدون ان يتحوَّل الى السيولة قبلاً

(٢٨) ان جاذبيَّة الملاصقة تفعل على ابعاد لا يُشعر بها ويتضح ذلك من الامثلة الآتية

اذا اخذنا رصاصتين وقصصناها حتى تسطحتا ثم ضغطنا الواحدة على الاخرى وادرناها عليها قليلاً نرى انها تلتصقان عند ما تقترب دقائقها بعضها الى بعض وتظهر متماسَّة . فالتصاق الرصاصتين لا يحدث الاَّ بجاذبيَّة الملاصقة التي بين دقائقها * وكذلك اذا اتفق ان لوح زجاج وقع على لوح آخر فقد يلتصقان احدهما بالآخر بجاذبية الملاصقة فيقطعها الزجَّاج ويصقلها معاً كأنَّها لوح واحد * واذا قرَّبنا نقطتين من الزئبق احداها الى الاخرى تبقيان منفصلتين حتى تتماسَّا فحينئذٍ تتحدان حالاً وتصيران نقطة واحدة * واذا قشرنا قطعتي مغيط واحميناها قليلاً ثم ضغطنا الواحدة على الاخرى تتحدان وتصيران قطعة واحدة

(٢٩) لحم الحديد * ويتضح ذلك ايضاً من لحم الحديد . فاذا انقصف

---

(١) لم يحوَّل غاز الاكسجين والهيدروجين والنتروجين الى حالة السيولة الاَّ في اواخر كانون الثاني سنة ١٨٧٧ بتجارب بكتي السويسري وكليتي الفرنساوي فثبت بالتجربة ان كل الاجسام قابلة التحويل من حال الى حال

قضيب من الحديد بيد الحدّاد واراد ان يلحمهُ يحميهِ من طرفي الكسر الى درجة البياض اي حتى يبيضّ من شدّة الحرارة فبذلك تضعف جاذبيّة الملاصقة فيسهل على الدقائق ان تتحرّك بعضها على بعض . ثم يضع احد الطرفين على الآخر ويطرقهما بمطرقة ثقيلة الى ان تتقارب الدقائق وتصير جاذبيّة الملاصقة فيها قادرة على ربطها معًا فيلتحم القضيب ويرجع قطعةً واحدةً كما كان . ولا يلتحم كالحديد الاّ البلاتين لانّ غيرهما من المعادن اذا أُحمي يذوب قبل ان يبلغ درجة البياض واما الزجاج فيلتحم مثلهما وكذلك الكوتابرخا(١) اذا سُخّن في الماء كما يفعل صنّاع اسنان العاريّة والعجين والشمع والزبدة ونحوها من الاجسام .

(٣٠) السائلات تتجمّع في اشكال كروية * امزج ماء بالكحول فاذا القيت في مزيجهما نقطة من الزيت تثبت في وسطهِ . فحينئذٍ لا تجذب الارض نقطة الزيت بل دقائق النقطة تتجاذب فتتحرّك وتترتب بحيث يصير شكلها كرويًا . وكل السائلات تتجمّع في نقط مستديرة اذا تُركت لنفسها كما يُشاهَد في قطرات الندى والمطر والزئبق وفي عمل الخردق(٢) وما اشبه . وسبب ذلك هو ان

---

(١) الكوتابرخا جسم كالمغيط يصنع من عصير بعض الاشجار وهو كثير الاستعمال على صورة انابيب لجرّ الماء الى غرف البيوت ونحو ذلك

(٢) الخردق مركب من نحو جزء واحد من الزرنيخ لكل مئة جزء من الرصاص . ويصنع في ابراج علو بعضها نحو مئتين وخمسين قدمًا . وكيفية عمله انهم يذيبون المركّب على راس البرج ثم يصبونهُ في مصافٍ فينزل من ثقوبها ويتجمع نقطًا مستديرة ويجمد وهو نازل ويقع في بئر ماء صنعت لتتلقاهُ بعد نزوله حتى لا يصطدم بجسمٍ جامد فتتغير كرويتهُ وليبرد فيها . ثم يخرجونهُ منها ويضعونهُ في اسطوانة دائرة مثقوبة ثقوبًا متفاوتة في الصغر والكبر فينزل الصغير من ثقوبها الصغار والذي اكبر منهُ من ثقوب اوسع وهكذا يجمع انواعًا انواعًا . ثم يضعونهُ مع الرصاص الاسود على دواليب سريعة الدوران

جاذبيّة الملاصقة تجذب الدقائق الى جهة مركز النقطة فلا تزال الدقائق تتحرَّك حتى تترتَّب على صورة كرة لانهُ حينئذٍ تتساوى جاذبيّة الملاصقة على دقائقها السطحيّة اذ الجسم الكروي يكون كل جزء من سطحهِ على بعد واحد من مركزهِ

(٢١) الجوامد تكوِن بلّورات قياسيّة * اذا تحوَّل جسمٌ سائل الى جسمٍ جامد اتخذ على الغالب شكلًا منتظمًا لان جاذبيّة الملاصقة لا تترك دقائقهُ تتجمَّع بعضها على بعض بلا ترتيب بل ترتبها وتجمعها في اشكال هندسيّة على غاية الجمال والاتقان. وتُعرف هذه الاشكال بالبلّورات ويُعرَف تحوّل الجسم السائل اليها بالتبلور. ثم ان كل نوعٍ من المادّة لهُ بلّورات ذات شكل وزوايا خاصّة بهِ فبعض المادّة بلوراتهُ طويلة دقيقة كالابر وزواياهُ صغيرة والبعض الآخر بلوراتهُ مكعّبة وهلمّ جرًّا. ومن النظر الى اشكال هذه البلورات وزواياها يُعرف نوع مادّتها فلو ذُوِّبَت اجسام مختلفة في وعاء واحد ثم جمدت وتبلورت لأمكن فاحص بلوراتها ان يعرف تلك الاجسام باختبارهِ السابق من دون ان يكون قد

فيحنك بالرصاص فيصقل. ثم يدحرجونهُ على سطوح مائلة موضوعة قريبة بعضها من بعض فاذا كانت الخردقة محكمة الاستدارة قفزت من سطح الى آخر والّا قصرت عن ذلك. وقد يدحرجونها على سطح واحد مائل فالمستديرة تتدحرج الى اسفلهِ والبقية تتدحرج عن جوانبهِ فلا تبلغ اسفلهُ

علم بوجودها في المذوَّب . ومن يتأمل في حسن اشكال هذه البلورات ودقَّة صنعها وكمال اتقانها ورونقها يحار عقلهُ مما فيها من حسن الذوق واحكام العمل ويقرُّ بعجزهِ . أَلا ترى بهاء الماس والعقيق والياقوت وسائر الحجارة الكريمة فهذه كلُّها بلورات صاغتها الطبيعة بأَمر باريها على مثال الحسن والاحكام . ومثلها رقَع الثلج والصقيع فان الانسان اذا نظر الثلج على الارض متغلّظاً متلبداً حسبهُ بلا شكل ولا ترتيب ولكنهُ اذا امعن النظر فيهِ وجدهُ مؤلَّفاً من بلورات متعدّدة الاشكال غريبة التركيب على غاية الاتقان والترتيب . وكذلك من يراقب سطح الماء وهو يجمد يرى البلورات فيهِ تنتوُ من جوانب الوعاء مرتَّبة في اشكال حسنة . وأكثر تراب الارض مؤلَّف من بلورات متكسرة او متحللة من تأْثير الماء والصقيع ونحوهما في صخورها

ومن رام ان يراقب البلورات ليعرف كيفيَّة تكوُّنها معرفة واضحة فعليهِ بأَن يصطنعها بنفسهِ . فمن جملة الطرق التي تُصنع بها ان يُضاف الشبُّ الى الماء السخن حتى لا يعود يذوب شيءٌ منهُ في الماء ثم يمدّ على وجهِ الوعاء خيوط من جانب الى جانب ويُترَك الماء حتى يبرد . فتتكوَّن حينئذٍ بلورات جميلة ذات ثمانية اجناب على الخيوط وجوانب الوعاء . وكلما طالت مدَّة التبلور كانت

البلورات اكبر . وعلى ذلك تكون البلورات الكبيرة التي تكوَّنت في الطبيعــة قديمة العهد جدًّا . واما بعض الاجسام فتجمد ولا تتبلور كالزجاج والشمع ونحوهما

(٣٢) ان تقسية المعادن (السقي) وتليينها يوضحان خاصَّة عجيبة من خصائص جاذبيَّة الملاصقة فاذا احمينا حديدة ثم غططناها في الزيت او الماء تصير قاسية قصفة . وبالعكس اذا احميناها وبرَّدناها تدريجًا فانها تصير ليِّنة لدنة[1] ومن الغريب ان النحاس الاحمر يصير قاسيًا قصفًا بما يصير بهِ الحديد ليِّنًا لدنًا وبالعكس. والمظنون ان ترتُّب دقائق المعادن وقوَّتها الناتجة عن ذاك الترتُّب يتوقَّفان على المدَّة التي يبرد المعدن فيها. اما الفولاذ فيقسَّى باحمائهِ الى درجة البياض وتبريدهِ سريعًا ثم يليَّن باحمائهِ وتبريدهِ تدريجًا وكلما زاد احماؤُهُ زادت ليونتهُ

(٣٣) نقط رُوپِرْت * هي نقط من الزجاج الذائب تُقطر في الماء فتبرد بسرعة ويجمد خارجها متبلورًا تبلورًا قياسيًّا . واما باطنها فاذ لا يجد مكانًا ليتمدَّد فيهِ يضغط خارجها ولكنهُ لا يقدر ان يشقهُ لانهُ يكون قد تصلَّب بحيث لا ينكسر ولو طُرِّق بمطرقة فاذا كُسِر قسمٌ صغير من ذيلها تكسَّرت كلُّها وتطايرت قطعًا

---

(١) يراد باللين هنا خلاف القاسي وباللدن خلاف القصف

صغارًا

(٣٤) مسائل للتمرين * (١) لماذا لانقدر ان نلحم قطعة حديد وقطعة نحاس معًا . (٢) لماذا يكون قضيب الحديد اقوى من قضيب الخشب (٣) اذا لحمت قطعة من الحديد جيدًا فلماذا تصير اقوى مما كانت قبلما انفصلت (٤) لماذا تكون نقط سوائل مختلفة متفاوتة الحجم . (٥) اذا صببت الدواء نقطًا فلماذا تكون النقط الاخيرة الباقية في القنينة اكبر مما سواها . (٦) لماذا تكون النقط اكبر اذا نزلت رويدًا رويدًا . (٧) لماذا تكون الانبوبة اقوى من قضيب مُصْمَت وزنهُ كوزنها . (٨) اذا ذُوِّبت قطع من الرصاص معًا فلماذا تصير كلها قطعة واحدة جامدة عند ما تبرد . (٩) ما هي السائلات التي تكون جاذبية الملاصقة فيها اعظم مما هي في غيرها . (١٠) اذكر بعض الجوامد التي تتطاير بدون ان تذوب

(٣٥) جاذبيَّة الالتصاق * هي القوَّة التي تلتصق بها دقائق انواع مختلفة من المادَّة بعضها ببعض لادقائق نوع واحد[١] . مثال ذلك اننا نلصق قطعتين من الخشب احداهما بالاخرى بواسطة الغراء وقطعتين من الصيني بواسطة الملاط وقطعتين من القرميد بواسطة الطين وقطعتين من الفضَّة بواسطة اللحام وقطعة من الزجاج واخرى من الخشب بواسطة اللاقونة والورق بالحائط بواسطة الصمغ . وكل ذلك بسبب جاذبيَّة الالتصاق وبها ايضًا يلصق الدهان بالخشب والغبار بالحائط والطباشير باللوح

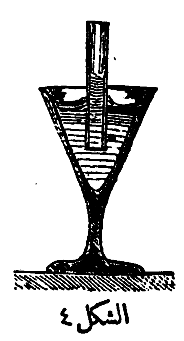
(١) فالفرق بينها وبين جاذبية الملاصقة انها تفعل في أنواع مختلفة من المادَّة وجاذبية الملاصقة تفعل في نوع واحد فقط

هذا وقد مرَّ معنا ان الماء يتنقَّى من الاكدار بمروره في الفحم فربما كان ذلك لسبب ان جاذبيَّة الالتصاق بين الاكدار والفحم اشدُّ مما هي بينها وبين الماء * اذا نفخنا رغوة الصابون تكوَّنت منها فقاقيع فالماء الذي يكوّن هذه الفقاقيع يتجمَّع في قشرة رقيقة مغلّفة للفقَّاعة لان الصابون يضمُّهُ بعضهُ الى بعض بواسطة قوَّة الالتصاق التي فيهِ

٣٦ الجاذبيَّة الشعريَّة * هي نوع من جاذبيَّة الالتصاق. وتظهر جيدًا في الماء اذا وُضع فيهِ لوحان من الزجاج فانهُ يرتفع بينهما كما ترى في الشكل ٣ ولكنها تظهر باجلى وضوح في الانابيب الدقيقة كالشعر[1] ومن ذلك تسميتها بالجاذبيَّة الشعريَّة ولنوضحها الآن بالامثلة الآتية

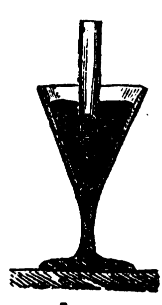
الشكل ٣

اولاً اذا وضعنا انبوبة صغيرة من الزجاج في الماء ارتفع الماء فيها كما ترى في الشكل ٤ وذلك لان جاذبيَّة الالتصاق بين دقائق الزجاج والماء اشدُّ من جاذبية الملاصقة بين دقائق الماء. فالماء يرتفع في انبوبة الزجاج بقوَّة التجاذب بينهُ وبينها. وكلما كانت الانابيب ادقَّ زاد ارتفاع الماء فيها



الشكل ٤

(١) هذه الانابيب تصنع من انابيب الزجاج باحمائها على القنديل الكحولي ومدّها فتمتدّ قدر ما يراد


الشكل ٥

ثانيًا اذا وضعنا انبوبة من الزجاج في كأس تحتوي زئبقًا انخفض الزئبق فيها عن مساواة سطحهِ في الكاس كما ترى في الشكل ٥ وذلك لان جاذبيَّة الالتصاق بين دقائق الزئبق ودقائق الزجاج هي اضعف من جاذبيَّة الملاصقة بين دقائق الزئبق . فبين دقائق الزجاج والزئبق تدافُع لا تجاذب .

ثالثًا ان فتائل السرج والشموع هي حزم من الخيوط او الانابيب الشعريَّة التي يصعد فيها الزيت او الدهن او نحوهما ويشتعل فلذلك تحتاج القناديل الكحوليَّة الى اقماع تغطي فتائلها عند ما لا يراد اشعالها والاَّ يتصاعد الكحول الى رؤُوس الفتائل ويتطاير عنها حتى لا يبقى منهُ شيءٌ في القنديل

رابعًا اذا غمس طرف منشفة في الماء تبتلّ بعد برهة يسيرة بسبب صعود الماء في اليافها الدقيقة بالجاذبية الشعريَّة وعلى هذا الحكم ينشّف الانسان جسدهُ بعد الاغتسال اذ يلفّهُ بمناشف او بمآزر من خام اوشاش لكي تمتصّ الرطوبة عنهُ بالجاذبية الشعريَّة

خامسًا الورق النشاش يمتصّ الحبر بواسطة الانابيب الشعرية التي فيهِ

سادسًا اذا صبّ الماء في وعاء مغروس فيهِ شجرة او ريحانة صعد من مسام التراب ودخل الغرس بالجاذبيَّة الشعريَّة

سابعًا بالجاذبية الشعرية يصعد الماء في الارض الى سطحها حيث يبلّ جذور النبات ويهيئ لها طعامها بتذويبهِ الاجسام التي تغتذي بها . واذا اكتسى سطح الارض جليدًا في الشتاء فالماء يصعد كجاري عادتهِ ويتحوّل الى جليد وفي فصل الربيع يذوب ويبلّ التراب فيصيرهُ وحلاً . ولذلك قد تكثر الاوحال في الاماكن التي ينزل عليها قليل من الثلج او المطر * هذا ولا يخفى ان حرث الارض يحفظها من الجفاف لان السكة تخلخل التراب فتكبّر المسامّ الشعريَّة

وتقلل صعود الماء الى سطح الارض اذ الجاذبية الشعرية تنقص كلما زاد اتساع المسامّ

ثامنًا ان الحبال اذا امتصّت الماء بالجاذبية الشعرية تثخن وتقصر فاذا كانت حبال الغسيل مشدودة فقد تنقطع عند ما تمطر السماء عليها . وقد يتقلّص بعض الحبال بشدّة وقوّة فيرفع اثقالاً عظيمة(١)

تاسعًا ان البيوت تصير رطبة بدخول الرطوبة اليها من مسامّ الحجر او الخشب بالجاذبيّة الشعرية

عاشرًا ان اهل جرمانيا يشققون حجار الرحى بالخشب . فانهم يبحرونه على شكل السفين ويدخلونه في شقوق الحجار وهو جافّ . فيمتص الرطوبة بصبّ الماء عليهِ وتركهِ برهةً او بانصباب المطر فيضخم ويشقّ الحجر الذي هو فيهِ فيُستغنى بذلك عن انفاق الدرهم وبذل التعب

(٣٧) التذويب * اذا وضعنا السكّر في الماء يذوب لان جاذبيّة الالتصاق بينهُ وبين الماء اقوى من جاذبيّة الملاصقة بين دقائقهِ ولما كانت الحرارة مضعفة لجاذبية الملاصقة (عد ٣٥) فهي تساعد على التذويب ولذلك اذا ذوّبنا جسمًا في الماء الحارّ يذوب

(١) يتضح ذلك من القصة الآتية : ان في بلاد مصر اعمدة كبيرة على قواعد اقامها الفراعنة وتعرف بالمسلات وقد نقل اكثرها ملوك الرومانيين وغيرهم من اهل اوربا واميركا الى بلادهم . فلما اراد البابا سكستوس الخامس ان ينصب مسلة كبيرة من هذه المسلات في ساحة كنيسة مار بطرس برومية اصدر امرًا بأن لا يتفوّه احد بكلمة حتى ينادي المهندس ان العمل قد تمّ والخطر قد مضى . وكان الفعلة يرفعون العمود والناس شاخصون اليهم حتى قارب العمل ان يتمّ فزاد الشدّ على الحبال فزلت واوشكت المسلة ان تسقط ففرّ من كان اسفلها من الفعلة مذعورين واذا صوت يناديهم بلّوا الحبال فنظروا واذا هو المهندس زاّبغليا فبلوها فثخنت وانقبضت على المسلة فرفعوها واوقفوها على قاعدتها

منهُ في وقتٍ قصيرٍ اكثر مما يذوب في الماء البارد في وقتٍ اطول. ولهذا السبب يُسرع ذَوَبان الاجسام اذا سُحقت . واذا لم يكن بين الجسم الجامد والسائل جاذبيَّة التصاق فلا يذوب . وبجاذبية الالتصاق يمتصُّ الماء مقدارًا كبيرًا من بعض الغازات كامتصاصهِ للهواء فان الماء لا يخلو من الهواء الذي يزيد طعمهُ لذَّةً . ولذلك اذا صببناهُ من وعاءٍ الى آخر رأينا فقاقيع الهواء الملتصقة بهِ تنزل معهُ ثم تطفو على سطحهِ حيث تنفقئ وينفلت الهواء منها. وقد اشار بعضهم باستعمال هذا المبدإِ لتجديد الهواء في المعادن * هذا ولما كان الضغط والبرد يُضعِفان قوة الدفع في الغازات (عد ٣٥) فهما يوافقان جاذبية الالتصاق بين دقائق الغازات ودقائق الماء ولذلك يفور ماء الصودا ويصير طعمهُ حرّيفًا من غاز الحامض الكربونيك الذي فيهِ . لان ماء الصودا اذا ضُغط امتصَّ غاز الحامض الكربونيك ثم اذا أُزيل الضغط عنهُ أفلت غاز الحامض الكربونيك منهُ في فواقع لمَّاعة واحدث الفوران وافاح الرائحة الحرّيفة التي يُشعر بطعمها

(٣٨) نفوذ السائلات * املأ وعاءً طويلاً ماءً ملوَّنًا باللتموس(١) الازرق . ثم ضع فيهِ قمعًا طويلاً يصل الى قعرهِ وصبَّ فيهِ ماءً

(١) صباغ يستخلص من بعض انواع النبات

يحوي قليلاً من زيت الزاج (انظر الشكل ٦) فينزل هذا الماء الى اسفل الوعاء ويبقى مستقلاً عن الماء الاوّل كما يظهر من لونيهما . ولكنهُ يختلط بهِ بعد بضعة ايام كما يظهر من تغيُّر اللتموس الازرق الى لون احمر . فاختلاطهما احدهما بالآخر هو نفوذهما . واكثر السائلات يختلط بعضها ببعض اذا جُمعَت في وعاء واحدٍ غير انهُ اذا لم يكن بينهما جاذبيَّة التصاق فلا تختلط بل تتفرَّق ولو هُزَّت معًا هزًّا شديدًا

الشكل ٦

(٣٩) نفوذ الغازات * ان غاز الهيدروجين اخفُّ من الهواء ١٤ مرَّةً غير انَّا اذا ملأْنا قنينتين منهما ووضعنا التي تحوي الخفيف الى اسفل والتي تحوي الثقيل الى أعلى كما في الشكل ٧ رأَينا انهما يختلطان اختلاطًا تامًّا بُعيَد قليل . وهذا ما يُعرف بنفوذ الغازات .

(٤٠) أُزْمُوس السائلات * اذا فصلنا بين السائلات بجسمٍ رقيق ذي مسام فلا تختلط على السواء بل يكون اختلاطها متوقفًا على طبائعها وعلى مادَّة ذلك الجسم الفاصل كما ترى مما يأْتي : خذْ انبوبة من الزجاج وادخل طرفها في مثانة مملوءة كحولاً (الشكل ٨)

الشكل ٧

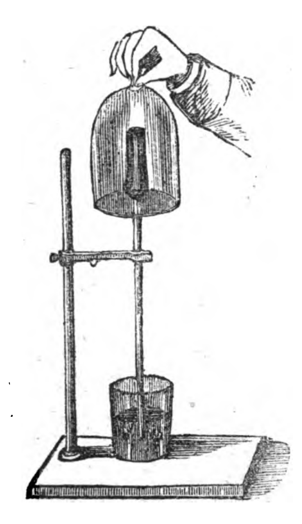
وضعها في وعاء ملآن ماء ثم انظر الى حيث يرتفع الكحول في انبوبة الزجاج وسِم هناك سمة واصبر قليلاً . ثم عُد وانظر فترى الكحول قد ارتفع عن السمة . واذا دققت النظر وجدت ان الكحول يخرج من المثانة ويختلط بالماء والماء يدخل المثانة اسرع من دخول الكحول اليهِ. وقد عللوا عن ذلك بأن جاذبية الالتصاق بين المثانة والماء اشدّ منها بين المثانة والكحول فيدخل الماء الى داخل المثانة بالجاذبيّة الشعريّة ويختلط من الداخل بالكحول بنفوذ السائلات وكذلك ينفذ بعض الكحول من المثانة ويختلط بالماء. ومهما كانت السوائل فالذي منها يبلّ الغشاء الفاصل قبل غيره ينفذها اسرع من غيره ايضاً. فلو استعملنا زقّاً من الكُلُوْدِيون(١) عوضاً عن المثانة في التجربة المذكورة آنفاً لانعكس الامر فيها فكان الكحول ينفذ كثيرًا والماء قليلاً لان الكحول يبلّ الكلوديون قبل الماء ويسمّى هذا النفوذ أُزموس السائلات

الشكل ٨

(٤١) أُزموس الغازات * ان هذا لم يؤكّد حدوثهُ ولكنهُ مرجح كما يظهر مما يأتي : خذ قدحًا ذا مسام وادخل في فمهِ فلينة

(١) جسم لزج يستعملهُ الجراحون دهاناً للجروح ليقيها من العوارض الخارجية ويستعملهُ المصورون بالفوتوغرافيا ايضاً

ادخالاً محكمًا وادخل في الفلينة انبوبة من الزجاج واقلب القدح فوق وعاء فيهِ ماء وانزل طرف الانبوبة السائب تحت الماء قليلاً واسندها الى شيء ثابت كما ترى في الشكل ٩ لتثبت كذلك. ثم اقلب على القدح زجاجة واسعة تُعرف بالقابلة ملآنة من غاز



الشكل ٩

الهيدروجين. فينفذ الغاز من مسام القدح وينزل سريعًا من الانبوبة الى الماء فتظهر فقاقيعهُ عليهِ

ولا يخفى ان البلونات الصغيرة التي يلعب بها الاولاد تهبط الى الارض في زمان يسير وذلك لان غاز الهيدروجين الخفيف الذي تملأ بهِ يفلت من مسامها اسرع من دخول الهواء اليها فتتكمش وتهبط الى الارض من ثقلها

(٤٣) مسائل للتمرين * (١) اذا ابتلّ الجوخ فلماذا يتقلّص. (٢) اذا تسابق اصحاب القوارب فلماذا يبلّون القلوع . (٣) لماذا لا يصحّ تجفيف الكتابة بالقرطاس الاعتيادي. (٤) اذا دُهن الخشب فلماذا يمتنع عنهُ التقلص. (٥) كيف يكون شكل سطح الماء وسطح الزئبق في كأس من الزجاج.

(٦) اذا عصرنا منشفة فلماذا لاتنشف تمامًا . (٧) اذا طلي منخل دقيق بالدهن فلماذا لا ينزل الماء منهُ . (٨) لماذا يذوب الكافور في الكحول ولا يذوب في الماء (٩) لماذا يرتفع الزئبق في انابيب من التوتيا كما يرتفع الماء في انابيب من الزجاج . (١٠) لماذا يعسر رفع اللوح من الماء . (١١) اذا تلوَّث حدّ الكتاب بالحبر فلماذا يتخلَّل الحبر الى جوانب صفحاتهِ . (١٢) اذا انصبَّ الحبر على حافة الكتاب فهل نشدُّ اوراقهُ بعضها على بعض لنعصرهُ منها . (١٣) لماذا لايمتزج الزيت بالماء . (١٤) ما هي فائدة البلبل في الابريق * الجواب لولا البلبل لكان الماء ينصبُّ عن جوانب الابريق بجاذبية الالتصاق كما ينصبُّ من الطاس ونحوهِ ولكن البلبل يسلمهُ لجاذبية الثقل قبل ان تتصرَّف فيهِ جاذبيَّة الالتصاق فينزل منها. (١٥) لماذا يبلُّ الماء اليد ولا يبلّها الزئبق . (١٦) لماذا يتشقَّق البرميل ويتكسَّر اذا لم يملأ ماء او يوضع في دهليز. (١٧) اذكر بعض الاحوال التي تزيد فيها قوَّة جاذبية الالتصاق على جاذبية الملاصقة

م

الفصل الثاني

في الجاذبيّة العامّة وجاذبيّة الثقل

(٤٢) تكلمنا في ما مضى عن الجاذبيّة التي تفعل بين دقائق الاجسام على بعدٍ غير محسوس وقصدنا الآن ان نتكلم عن الجاذبية التي تفعل بين الاجسام على كل بعدٍ من الابعاد وهي تُعرَف بالجاذبية العامّة وتجري على ناموس[1] كثير الاعتبار في العلوم الطبيعية[2] وهذا تعريفهُ : ان كل جسم من اجسام الكون يجذب غيرهُ بقوّة تناسب مقدار مادّتهِ وهذه الجاذبية تنقص كزيادة مربَّع البعد عنهُ وتزداد كنقصانهِ * فاذا قطعنا فلينة متساوية الكثافة قطعتين احداها كبيرة والاخرى صغيرة ووضعناها في الماء الواحدة بقرب الاخرى فانهما تتجاذبان ويزيد جذب الكبيرة على جذب

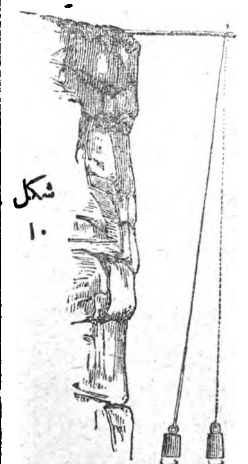
---

(١) الناموس او الشريعة في عرف الطبيعيين الطريقة غير المتغيرة التي يجري الله الطبيعة عليها.

(٢) اكتشف ناموس الجاذبية العامة الفيلسوف اسحق نيوتن . قيل انهُ كان ذات يوم جالساً تحت شجرة من التفاح يتفكر في بعض القضايا العلمية فسقطت امامهُ تفاحة فقال في بالهِ ما الذي اسقط هذه التفاحة الى الارض وما الذي يسقط الجماد من قمم الجبال الى اسفل الاودية . أليست القوة التي تسقط الاجسام هنا تدير القمر ايضاً حول الارض والارض والسيارات حول الشمس. ولم يزل على مثل هذه الافكار حتى اكتشف ناموس الجاذبية هذا

الصغيرة بقدر ما تزيد مادّتها على مادّتها اي ان كلاًّ منهما تجذب الاخرى بقوّة تناسب مقدار مادّتها . ثم اذا ابعدناهما الواحدة عن الاخرى فالجاذبية التي بينهما تنقص ولكن على نسبةٍ تزيد عن البعد . فاذا صار البعد بينهما بقدر ما كان اولاً مرّتين فالجاذبية لا تنقص عمّا كانت مرّتين فقط بل اربع مرّات اي مربّع المرّتين وذلك معنى قولنا ان الجاذبيّة تنقص كمربّع البعد وبالعكس اذا قرب احدهما نحو الآخر حتى يصير البعد بينهما نصف البعد الأوّل فجاذبيّة كلٍّ منهما للآخر تزداد اربع مرّات . ويزداد ما سبق وضوحًا بالمثالين الآتيين

اذا سقط حجر من مكان عالٍ ينزل الى الارض والارض تصعد اليهِ لانهُ هو يجذبها وهي تجذبهُ . ولكن جاذبيتها تزيد على جاذبيتهِ بقدر ما تزيد مادّتها على مادّتهِ فلذلك يقطع في النزول اليها مسافة اعظم من المسافة التي تقطعها هي في الصعود اليهِ بقدر ما تنقص مادّتهُ عن مادّتها فتحسب المسافة التي تقطعها الارض للاقاتهِ كلا شيء كما انهُ هو كلا شيء بالنسبة اليها * واذا علّقنا ثقلاً بخيط وربطنا الخيط بجانب جبل فالخيط لا يبقى على استقامتهِ بل يميل نحو الجبل لان الجبل يجذبهُ اليهِ ويظهر ذلك من الشكل ١٠ حيث يفرض ا ب الخيط المنقّط مدلًّى على استقامتهِ و ا ب الخيط منحرفًا نحو الجبل بالقوّة التي يجذبهُ الجبل بها . وقد كبّرت زاوية الانحراف هنا



شكل ١٠

لزيادة الايضاح

واعلم ان ناموس الجاذبية العامة يصدق على كل عوالم الكون كما يصدق على اجسام ارضنا. فان جميع الاجرام السماوية مرتبطة بعضها ببعض بالجاذبيّة العامّة فكل نجمٍ من نجوم السماء مرتبط بالارض و ببقيّة الكواكب والارض مرتبطة بهِ وببقيّة الكواكب وكلها متوازنة ولذلك تهدأُ في السماء على لاشيء. فكأنّ جاذبيّة الشمس للارض حبل غليظ يمتدُّ منها ويربط الارض. وكأنّ جاذبية النجوم خيوط دقيقة تخرج منها وتلتفُّ حول الارض ايضًا. وكأن جاذبية الارض للشمس ولبقيّة النجوم خيوط خارجة منها ومرتبطة بالشمس وببقيّة النجوم. فكما ان الحبال والخيوط تربط الاجسام بعضها ببعض هكذا الجاذبية العامّة تربط ارضنا بالاجرام السماوية والاجرام السماوية بها وتثبّتها في نواحي السماء

(٤٤) جاذبية الثقل * قد ظهر مما تقدّم ان في الارض قوّة تجذب بها الاجرام السماويّة. فبهذه القوّة تجذب ايضًا جميع الاجسام التي عليها نحو مركزها وتُسمى حينئذٍ جاذبية الثقل. واذا قلنا ان هذا الجسم ثقلهُ عشرة ارطال فالمراد ان الارض تجذبهُ اليها بقوّة عشرة ارطال[1] وهذا الثقل يختلف بحسب موقعهِ في

---

(١) اذا سقط حجر من مكان عالٍ ينزل الى الارض بجاذبية الثقل كما تقدم فلو كانت الارض لا تصدّهُ عن ان ينزل فيها لبقي نازلاً بالجاذبية الى مركزها. ولكن الارض

الارض كما يأتي مفصلاً :

اولاً . اذا كان الجسم في مركز الارض فثقلهُ لا شيء لان كل موادّ الارض تجذبهُ بالتساوي الى كل جهةٍ فلا يرجح الى جهةٍ ولذلك يكون عديم الثقل .

ثانيًا . اذا كان الجسم فوق سطح الارض ينقص ثقلهُ بابتعادهِ عنها كزيادة مربَّع بعدهِ عن مركزها لا عن سطحها لان المركز هو النقطة الوسطى بين موادّها الجاذبة ونقصانهُ يزيد كمربَّع بعدهِ عن مركزها . فلو قيل اذا كان ثقل جسمٍ ١٠٠ رطل على سطح الارض (سطح الارض يبعد عن مركزها نحو ٤٠٠٠ ميل) فكم يكون ثقلهُ على بعد الف ميل عنهُ (اي على بعد ٥٠٠٠ ميل عن مركز الارض) فالعمل لمعرفة ذلك ان نقول نسبة (٥٠٠٠ ميل)^{2} الى (٤٠٠٠ ميل)^{2} :: ١٠٠ رطل الى الجواب وهو ٦٤ رطلاً

ثالثًا . اذا كان الجسم على سطح الارض فثقلهُ يختلف باختلاف عرض المكان الذي هو فيهِ . فاذا كان الجسم على خط الاستواء فثقلهُ ينقص عمّا اذا كان في مكان آخر لسببين .

تصدهُ عن النزول فيها الجهود سطحها فلذلك يبقى مجذوبًا اليها وضاغطًا لسطحها فاذا وضع في كفة ميزان يزن مقدار ضغطهِ . وهذا المقدار هو ثقلهُ فالثقل اذًا هو قياس جاذبية الثقل ونتيجتها

اولهما ان كرة ارضنا منتفخة عند خط الاستواء . فيكون الجسم هناك ابعد عن مركزها الذي تجذب الاجسام الى جهتهِ من جسمٍ مثلهِ بين خط الاستواء واحدى القطبتين فيقلّ جذبها لهُ عند خط الاستواء عن جذبها لما يساويهِ في مقدار المادّة بينهُ وبين القطبتين وبالنتيجة يكون انقص ثقلاً . وثانيهما ان القوّة التي تدفع الاجسام عن مركز الارض تكون اشدّ على خط الاستواء مما على غيرهِ كما سيأتي وذلك ينقّص الثقل ايضاً * واذا كان الجسم في قطبٍ من القطبين فثقلهُ يزيد عمَّا اذا كان في مكانٍ آخر لسببين ايضاً . اولهما ان كرة ارضنا مسطَّحة من القطبين فالجسم يكون عليهما اقرب الى المركز مما يكون على غيرهما فيزيد جذب الارض لهُ ويزداد ثقلهُ . وثانيهما ان القوّة التي تدفع الاجسام عن المركز تكون في القطبين اضعف مما في بقيّة الاماكن

فائدة . قد تقدم ان الجاذبية العامة وجاذبية الثقل هما من نوع واحد والفرق بينهما انما يكون للتخصيص واما جاذبية الملاصقة فلا يوجد دليل على انها من نوعها . لانهما يزيدان بقدر ما تزيد مادة الجسم وينقصان بقدر ما يزيد مربع بعدهِ . واما هي فالظاهر انها لا تزيد ولا تنقص كذلك . والاَّ لكان التصاق الدقائق القريبة من مركز ثقل الجسم بعضها ببعض اشدّ من التصاق الدقائق البعيدة عنهُ بعضها ببعض او من التصاقها هي نفسها اذا كُسِر الجسم كسرًا

الفصل الثالث

في الاجسام الساقطة

(٤٥) الخط السمتيّ * ان الارض تجذب الاجسام نحو مركزها كما تقدَّم فاذا بقيت الاجسام بلا معارض نزلت في خط مستقيم الى مركزها . وهذا الخطُّ يسمى خطًّا سمتيًّا

اذا علّقنا رصاصة بخيط ودلّينا الخيط من محلّ عالٍ ينزل في خطٍّ سمتيٍّ . واذا تدلّت خيوط كثيرة كهذا في اماكن متعدّدة فكلها تتجه نحو مركز الارض وتلتقي فيهِ لو أُخرجت اليهِ كما ترى في الشكل ١١ فالقوس ا ث هي قطعة من سطح الارض وم مركز الارض والخطوط دم و ل م و وم خطوط سمتيّة قد أُخرجت حتى التقت في المركز

الشكل ١١

(٤٦) نواميس الاجسام الساقطة * للاجسام الساقطة اربعة نواميس وهي : اولاً . كل الاجسام تسقط بسرعةٍ واحدة اذا جُذِبت بجاذبية الثقل فقط . فاذا وضعنا درهمًا وريشة طائر في


الشكل ١٢

انبوبة طويلة كما ترى في الشكل ١٢ وفرّغنا الانبوبة من الهواء ثم قلبناها بسرعة يسقطان من الطرف الواحد الى الآخر في وقتٍ واحدٍ. واما اذا ادخلنا الهواء الى الانبوبة وقلبناها فالدرهم يسبق الريشة كثيرًا. فيُستنتَج من ذلك ان الاجسام اذا سقطت في الفراغ تسقط بسرعة واحدة وان سبب سقوط الاجسام الثقيلة بسرعة وسقوط الاجسام الخفيفة ببطوء انما هو مقاومة الهواء لها وهي ساقطة

ويظهر ذلك ايضًا مما اذا رمينا ورقة فانها لا تصل الى سطح الارض الا بعد زمان. واما اذا لففناها حتى تلبّد بعضها على بعض ورميناها فتصل الى الارض حالاً وليس ذلك من نقصان قوّة الجاذبيّة بل من نقصان مقاومة الهواء

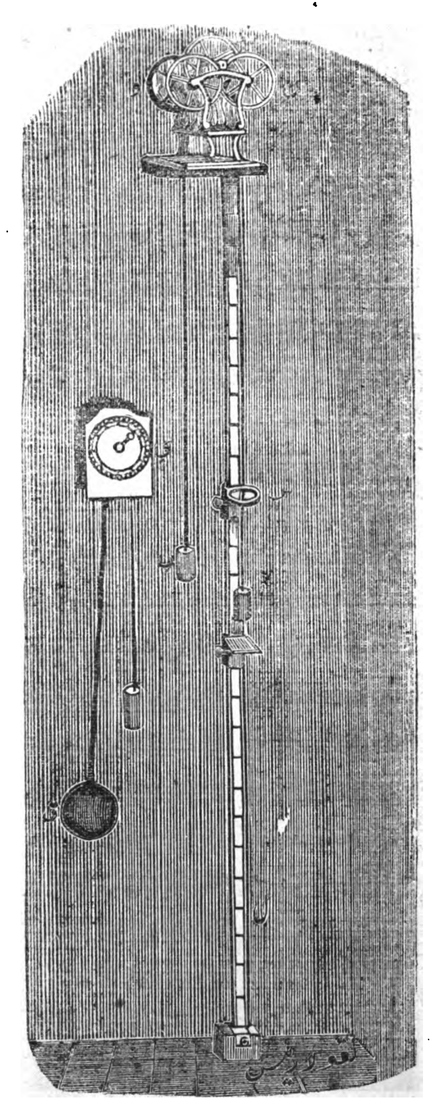
ثانيًا. اذا سقط جسمٌ من علوٍ فالبين الذي يقطعهُ في الثانية الاولى ١٦ قدمًا وقد تحقّق ذلك من تجارب بالرقاص وبآلة أتوُد. فتكون سرعتهُ المتساوية في آخر الثانية الاولى ٣٢ قدمًا وذلك لان حركتهُ تبتدئ بصفر وتأخذ بالتسارع بقوّة الجاذبية

المتصلة ومعدَّل صفر و٣٢÷٢=١٦ ونعني بسرعتهِ المتساوية في آخر الثانية الاولى سرعة الاستمرار التي اكتسبها في آخرها ويجري بها على التساوي في الثانية الثانية لو فُرض انقطاع الجاذبية في آخر الاولى . ويقال لها معدَّل سرعة الجاذبية في الثانية الثانية وهكذا يُقال في معدَّل سرعة الجاذبية في الثالثة والرابعة

تنبيه . ان الجسم يسقط ١٦ قدمًا في الثانية الاولى في المكان بالقرب من سطح الارض المحسوب انهُ على مساواة سطح البحر . ولكن اذا كثر البعد عن الارض يختلف بين سقوطهِ فيها عن ١٦ قدمًا فينقص كزيادة مربَّع البعد

واما آلة أتْوُدّ فالغرض منها قياس سرعة الاجسام الساقطة والابيان التي تقطعها في اوقات معلومة لانهُ يتعذَّر قياس ذلك بمراقبة الاجسام بلا آلة لعظم سرعتها ولكون الهواء يضادّها في نزولها فيقلّل سرعتها عمَّا هي حقيقةً . وهذه الآلة مؤلفة من عمود مقسَّم ل (الشكل ١٢) مرتكز على قاعدةٍ وعلى رأسهِ افريز ومن ساعةٍ تنكتُ للثواني . وعلى ظهر الافريز خمسة دواليب والخامس د يقع كلٌّ من طرفي محورهِ على محيطي دولابين من الاربعة الباقية كما ترى حتى يكون الاحتكاك قليلاً . ويوضع في محزّ هذا الدولاب خيط من الحرير معلَّق ثِقَلٌ بكلٍّ من طرفيهِ . ويتصل بالعمود حلقة س تتحرَّك عليهِ صاعدًا ونازلاً ورف صغير ايضًا يتحرَّك كذلك . اما الحلقة فلكي يمرّ احد الثقلين منها واما الرف فلكي يهدأ ذلك الثقل عليهِ * ويُصنع الثِقلان ا و ب متساويين تمامًا ولذلك يهدآن اذا تُركا لذاتهما مدلَّين عن جانبي الدولاب ويتحركان اذا زيد على احدهما ثِقَلٌ لاختلال الموازنة حينئذٍ

لنفرض ان وزن كلٍّ من الثقلين ٣١½ اوقيَّة وأنَّا زدنا على الثقل ا قضيبًا من النحاس وزنهُ اوقيَّة واحدة فيكون وزن الكل ٦٤ اوقية . وهذه متى



الشكل ١٣

تحركت تتحرك بفعل الجاذبية بقوة اوقية واحدة فتكون سرعتها ١/٦٤ من سرعة

الاوقية وذلك لان الجسمين في حكم السكون لان جاذبية الواحد تضادها جاذبية صاحبهِ بالتعليق ومقدار مادتهما ٦٣ اوقية وباضافة قضيب النحاس تصير مادة الثلاثة ٦٤ ولكن الحركة قد حصلت بقوة جاذبية اوقية فقط. فلو نزل قضيب النحاس وحده لكانت سرعتهُ ٦٤ مرة من سرعتهِ مع الثقلين ولكن بصيرورتهِ معها ٦٤ اوقية مع جاذبية اوقية واحدة تنقص السرعة كازدياد المادة كما ستقف على ذلك في الكلام على الحركة. فتكون سرعة الكل اي القضيب مع الجسمين ١/٦٤ من الجاذبية كما لا يخفى. فبذلك نجعل الجسم يسقط بقوة متصلة هي الجاذبية ولكننا نقلل سرعتهُ حتى لا تزيد عن ١/٦٤ من سرعة الاجسام الساقطة فنقضي بذلك غرضين الاول اننا نتمكن من قياس حركة الجسم في سقوطهِ والثاني اننا نقلل مقاومة الهواء له حتى نكاد نفنيها

فاذا اردنا الامتحان بهذه الآلة رفعنا الثقل ا الى راس العمود وعلقنا بهِ قضيبًا من النحاس بحيث لا ينزل من الحلقة ووضعنا الحلقة على بعد معلوم منهُ والرف على بعد آخر. ثم اذا وصل عقرب الثواني في الساعة الى الصفر تركنا الثقل يسقط هو والقضيب فعند وصولها الى الحلقة يعلق القضيب واما الثقل فيمرُّ فيها فنستعلم وقت وصولها الى الحلقة من الساعة وكذلك نستعلم وقت وصول الثقل وحدهُ الى الرف فان سرعة حركة القضيب مع الجسم ا الى الحلقة بالجاذبية المتصلة هي متسارعة ولكن سرعة الجسم بعد انفلات القضيب عنهُ من الحلقة الى الرف هي متساوية لان الجاذبية قد انحفت بالتعليق كما مرَّ وهي سرعة الاستمرار التي اكتسبها بسرعة جاذبية القضيب فاذا فرضنا بعد الحلقة عن محل القضيب وهو في اعلى الآلة قدمًا واحدةً وسار اليها الجسم في ثانيتين مثلاً نحكم ان سرعتهُ ربع قدم في الثانية الاولى واذا ضربنا ١/٤ في ٦٤ فالحاصل ١٦. فنعرف حينئذٍ ان سرعة هذا الجسم بالجاذبية ١٦ قدمًا في الثانية الاولى. ثم اذا مشى الجسم من الحلقة الى الرف قدمين في اربع ثوانٍ نحكم ان معدل سرعة الجاذبية اذ قد انقطعت الجاذبية عندما عُلق القضيب اي سرعة الاستمرار

الجسم في الثانية ٣٢ قدماً لان الجسم يكون قد سار نصف قدم في كل ثانية ونصف ٦٢ اي ثقل الجسمين هو ٣٢ تقريباً لانهُ لو كان الجسم ١ اوقية واحدة لاسرع ٦٢ مرّة سرعة الاوقية اذ تزداد السرعة بنقصان المادّة اذا بقيت القوّة واحدة. وهذه الحقيقة تؤكد لنا التي قبلها وهي ان الجسم يهبط ١٦ قدماً في الثانية الاولى لان المعدل بين ٣٢ و ٠ = ١٦ كما مرّ وهي الركن في البرهان. وعلى هذا الاسلوب نحقق الناموس الثاني وما بعدهُ

ثالثاً. معدَّل سرعة الجاذبيَّة في اوّل الثانية الثانية ٣٢ قدماً كما مرّ اي ١٦X٢ . ومعدَّلها في اوّل الثالثة ٦٤ بزيادة ٣٢ اي ١٦X٤ . وفي اوّل الرابعة ٩٦ كذلك اي ١٦X٦ وهلمَّ جرًّا بزيادة المضروب فيهِ ٢ كل مرّة . اما المسافة التي يقطعها الجسم في كل ثانية من الثواني المسرودة بعضها وراء بعض اذا بقي جارياً فيها فتحصل بضرب ١٦X١ للاولى و ١٦X٣ للثانية و ١٦X٥ للثالثة وهلمَّ جرًّا اي بضرب ١٦ في هذه الاعداد الوترية[1] ٣ و ٥ و ٧ و ٩ الخ لكل ثانية على التوالي وللايضاح نقول

يبتدئ الجسم في الثانية الثانية ولهُ من السرعة ٣٢ قدماً فالامر واضح انهُ يقع في هذه الثانية ٣٢ قدماً بسرعتهِ فقط لا بالجاذبية . ولما كان فعل الجاذبية بهِ متصلاً على الدوام يكتسب سرعة ٣٢ قدماً ايضاً فوق سرعتهِ فتصير سرعتهُ ٦٤ قدماً اي ١٦X٤ كما ذكرنا آنفاً . ثم يبتدئ في الثانية الثالثة ولهُ من السرعة

(١) يعرَّف العدد الوتري لثانية من الثواني بتضعيف عدد تلك الثانية وطرح واحد من الحاصل مثالهُ : اذا قيل ما هو العدد الوتري للثانية الثامنة لنقل ٨ X ٢ = ١٦ و ١٦ — ١ = ١٥ وهو العدد الوتريّ الثامن

٦٤ قدمًا فيكتسب علاوةً عليها سرعة ٣٢ قدمًا ايضًا بالجاذبية فتصير سرعتهُ ٩٦ قدمًا اي ٦ X ١٦ وقس عليهِ ما بقي * ثم ان معدَّل ٣٢ قدمًا وهي سرعة الجسم في اوَّل الثانية الثانية و٦٤ قدمًا وهي سرعتهُ في آخر تلك الثانية هو ٤٨ قدمًا اي ٣ X ١٦ وذلك يساوي مسيرهُ في الثانية الثانية فقط ومعدَّل ٦٤ قدمًا وهي سرعتهُ في اوَّل الثانية الثالثة و٩٦ قدمًا وهي سرعتهُ في آخرها هو ٨٠ قدمًا اي ٥ X ١٦ مسيرهُ في الثانية الثالثة وقس عليهِ بقية ما ذُكر آنفًا . فلنا من ذلك هذا الحكم وهو ان سرعات الاجسام كالاعداد الشفعيَّة والابعاد التي تقطعها كالاعداد الوتريَّة

رابعًا . ان الجسم يسقط في ايّ عددٍ كان كلّهِ من الثواني ما يساوي ١٦ قدمًا مضروبة في مربَّع ذلك العدد

فقد تقدَّم معنا ان الجسم يسقط ١٦ قدمًا في الثانية الاولى و٤٨ قدمًا في الثانية الثانية فيسقط اذًا في الثانيتين معًا ١٦ + ٤٨ = ٦٤ قدمًا اي ٢^2 في ١٦ قدمًا وكذلك يسقط في ٣ ثوانٍ ١٦ + ٤٨ + ٨٠ = ١٤٤ قدمًا اي ٣^{2}X ١٦ قدمًا وهلمّ جرًّا

(٤٧) معادلات الاجسام الساقطة * اذا فرضنا ان الحرف س معدَّل سرعة جسمٍ ساقط في آخر وقتٍ مفروض والحرف ب بينهُ (اي البعد الذي يقطعهُ) و و وقتهُ ينتج معنا مما مضى أنَّ

(١) س = ٣٢ و

(٢) ب = ١٦ و^2

(٣) س^2 = ٦٤ ب ٤ X ١٦ ب

وهذه المعادلة (٣) هي نتيجة (١) و(٢) لانهُ بتربيع (١) والقسمة

يصير $\frac{س^{٢}}{٣٢^{٢}\times ١٦^{٢}} = و^{٢}$ ومن قسمة (٢) على ١٦ تكون $\frac{ب}{١٦} = و^{٢}$
اذاً $\frac{س^{٢}}{٣٢^{٢}\times ١٦^{٢}} = \frac{ب}{١٦}$ و $س^{٢} = ٤\times ١٦$ ب و $س = ٣٢\sqrt{١٦\, ب}$ ثم ليدلّ
ج على قوّة الجاذبية المتصلة العمل المحسوبة ١٦ فلنا من المعادلة
(٣) هذه المعادلة (٤) $س = ٣\sqrt{ج\, ب}$. ومن المعادلة (٤) اذ
كان ج لا يتغيّر وكذلك ٣ ينتج ان البين يتغيّر كمربّع السرعة او
مربّع السرعة كالبين او السرعة كجذر البين وبالعكس

(٤٨) طريقة سهلة لمعرفة عمق الآبار * يتضح مما تقدَّم اننا اذا
عرفنا الوقت الذي يسقط فيهِ جسم عرفنا البَين الذي يقطعهُ
ايضًا . فاذا رمينا حجرًا في بيرٍ وعددنا الثواني التي تمرُّ قبلما نسمع
صوت وقوعهِ على قعرها ثم ربّعنا عدد الثواني وضربناهُ في ١٦
قدمًا يكون الحاصل عمق البير اقدامًا . اما الثواني فتعدُّ بساعة
ذات عقرب للثواني واذا لم يتيسّر الحصول عليها تُعدُّ دقّات
النبض وتُحسَب كل دقّة ثانيةً . غير انهُ متى صدم الحجر قعر البير
يتأخر صوتهُ قليلاً حتى يصل الينا ولكن وقت تأخرهِ يكون
قصيرًا جدًّا فلا يعتدُّ بهِ هنا

(٤٩) الاجسام الصاعدة * ان ما مرَّ عن الاجسام الساقطة
اذا عكسناهُ يصدق على الاجسام الصاعدة ايضًا . فاذا رُمي جسم
الى فوق قلّت سرعتهُ ٣٢ قدمًا كل ثانية بدلاً من ان تزيد لان

الجاذبيَّة تضادهُ . ولذلك اذا أُريد ايصالهُ الى علوٍّ مفروض وجب ان تكون سرعتهُ مساوية للسرعة التي يكتسبها عند سقوطهِ من ذلك العلوّ الى الارض المدلول عليها بالحرف س لانهُ يصعد في وقت مفروض بقدر ما يسقط . فاذا اطلقنا قنبلةً في جهة سَمْت الراس وبقيت دقيقتين صاعدة تبقى دقيقتين نازلة ايضًا في رجوعها . ويقتضي ان يكون زخمها عندما تصيب الارض وهي نازلة بقدر ما كان عند خروجها من فم المدفع . ولكنَّ الواقع خلاف ذلك لان الهواء يقاومها في سيرها فينقص زخمها السُّدس وهي صاعدة والسدس وهي نازلة

م

الفصل الرابع

في مركز الثقل

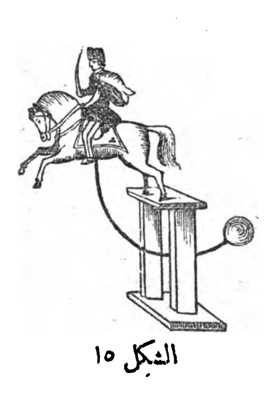
(٥٠) مركز ثقل جسمٍ هو النقطة التي يسكن الجسم اذا ارتكز عليها لتوازن الاجزاء المتقابلة على جانبيها كما اذا هدأ ميزان بوضع عيارٍ في احدى كفتيهِ يساوي ما وُضع في الاخرى ثقلاً. وخط الجهة هو الخطُّ السمتي الذي يقع مركز الثقل فيهِ ويجري فيهِ الجسم اذا سقط وهو اذا امتدَّ يمرُّ بمركز الارض

اذا هدأت عصاً على اصبع شخص سواءٌ وُضعت عليها افقيةً ام قائمةً فمركز ثقلها هو النقطة في العصا الواقعة فوق الاصبع التي اذا رُسم منها خطٌّ سمتي في الحالين يمرُّ بالاصبع وذلك الخط هو خط الجهة وهي انما تهدأ لتوازن الجاذبية على اجزائها الواقعة على جانبي مركز ثقلها وهكذا يقال في كل جسم يهدأ على اي شيءٍ كان

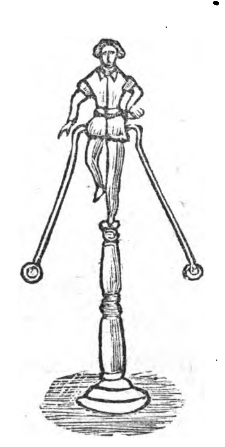
(٥١) حالات الموازنة * الموازنة على ثلاث حالات موازنة ثابتة وموازنة غير ثابتة وموازنة مطلقة. فاولاً اذا كان مركز الثقل تحت النقطة التي يرتكز عندها الجسم على شيءٍ او يُعلَّق منها بشيءٍ او اذا كانت ادنى حركة ترفع مركز الثقل قبل

ان الجسم في حال الموازنة الثابتة

مثال الشرط الاوّل الشكل ١٤ حيث ترى صورة رجل مرتكز على قاعدة وقد عُلّق بهِ كرتان من الرصاص حتى صار مركز ثقلهِ تحت نقطة ارتكازهِ . فما دامت الكرتان معلقتين بهِ يبقى متوازنًا وهادئًا واما اذا رُفعتا عنهُ فيسقط حالاً * ومثال الشرط الثاني اي ان ادنى حركة ترفع مركز الثقل في الموازنة الثابتة الشكل ١٥ وهو صورة لعبة مصنوعة لتسلية الاولاد فان الحصان وراكبهُ معلّقان



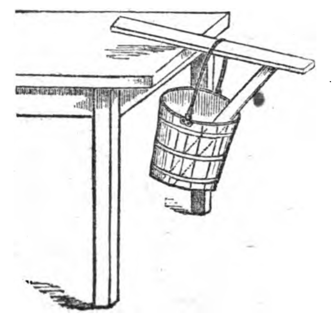
الشكل ١٥



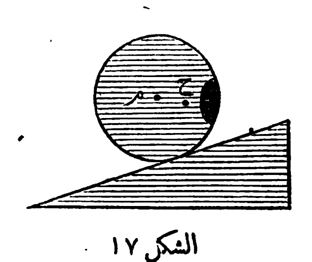
الشكل ١٤

برجلي الحصان ويتصل ببطنهِ شريط ملتوٍ التواء مستديرًا ومثقّل من طرفهِ الآخر بكرة من الرصاص بحيث يقع مركز الثقل تحت نقطة التعليق . فاذا حُرّكت اللعبة يرتفع مركز الثقل عن وضعهِ فيخطر ذهابًا وايابًا على جانبي نقطة التعليق حتى يهدأ تحتها فتخطر اللعبة بخطرانهِ وتهدأ بهدوّهِ . ويتبيّن ثبوت مركز الثقل تحت نقطة التعليق مما يأتي : املأ دلوًا ماء وعلّقهُ على مائدة بعارضة من الخشب متصلة بعارضة أُخرى تدخل الى قعر الدلو وتدفعهُ الى

تحت المائدة كما ترى في الشكل ١٦ فيصير مركز الثقل حينئذٍ تحت نقطة التعليق فيثبت الدلو ولولا العارضة السفلى لسقط حالاً * وقد يتحرك الجسم

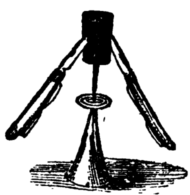


الشكل ١٦



الشكل ١٧

ضدَّ الجاذبية ظاهرًا اذا طلب الموازنة الثابتة كما يظهر مما اذا اخذنا قرصًا من الخشب وثقّلناهُ بثقل من الرصاص في جانبهِ كما ترى في الشكل ١٧ حتى يصير مركز ثقلهِ عند ح فاذا وضعناهُ حينئذٍ على سطحٍ مائل يصعد عليهِ حتى يصير مركز الثقل ح اسفل مركز الجسم م الذي يُحسب نقطة التعليق



الشكل ١٨

اذا أُريد ان توقّف ابرة على رأسها فليغرز طرفها طرفها الثاني عند ثقبها في فلينة مغروز فيها سكينان كما ترى في الشكل ١٨ فيصبح مركز ثقل الجميع تحت نقطة الارتكاز وتهدأُ على رأسها بالموازنة الثابتة

ثانيًا . اذا كان مركز الثقل فوق نقطة التعليق او الارتكاز او اذا كانت ادنى حركة تهبطهُ قيل انهُ في حال الموازنة غير الثابتة . فاذا اخذنا الفلينة متوازنةً كما في الشكل ١٨ وقلبناها عسر علينا ان نجعلها تتوازن وان توازنت تكون سريعة الوقوع

لان ادنى حركة تهبط مركز ثقلها

ثالثًا . اذا كان مركز الثقل هو نقطة التعليق او الارتكاز او اذا كانت الحركة لا ترفعهُ ولا تهبطهُ قيل انهُ في حال الموازنة المطلقة . فاذا اخذنا كرةً متساوية الكثافة ووضعناها على سطح مستوٍ تقف كيفما وُضعت لان مركز ثقلها يتحرّك في خطٍ موازٍ للسطح المذكور كيف ادرناها فحينئذٍ يقال ان موازنة الكرة مطلقة

(٥٢) معرفة مركز الثقل * يُعرَف مكان مركز الثقل امَّا بجعل الجسم متوازنًا او بتعليقهِ من زاوية من زواياهُ كما ترى في الشكل ١٩ . تُربط رصاصة بطرف خيط وتُعلَّق بالزاوية المشار اليها فيُستعلم منها خط الجهة ا ى ثم تعلَّق بزاوية اخرى فيستعلَم منها خط الجهة ب د فنقطة تقاطعهما س هي مركز ثقلهِ

(٥٣) ان من يمعن النظر في ما تقدَّم لا يعسر عليهِ فهم القضايا الآتية وهي

اولًا . ان الجسم لا ينقلب فيسقط ما دام خط الجهة داخل قاعدتهِ ولكنهُ يسقط حال وقوع

الشكل ١٩

خط الجهة خارجها . مثالهُ اذا وقف انسان منتصبًا ملتصقًا بحائط واراد ان يلتقط شيئًا موضوعًا قرب ابهام رجلهِ حانيًا الجزء الاعلى منهُ فانهُ يقع حالاً لان الحائط يمنع كفلهُ عن التأخر الى خلف ليوسع قاعدتهُ فتبقى ضيقة ولا يستطيع ان يثبّت نفسهُ عند انحنائهِ لالتقاط الشيء مهما كان حاذقًا او نشيطاً . فان كل من ينحني لاخذ شيء ما وهو واقفٌ فلا بدّ ان يؤخر كفلهُ الى خلف لكي يوسّع قاعدتهُ فلا يسقط

ثانيًا . بقدر ما يُحتمَل رفع مركز الثقل لجسمٍ مع بقاء خط الجهة داخل قاعدة الجسم يكون ثبوتهُ في في محلهِ اضعف

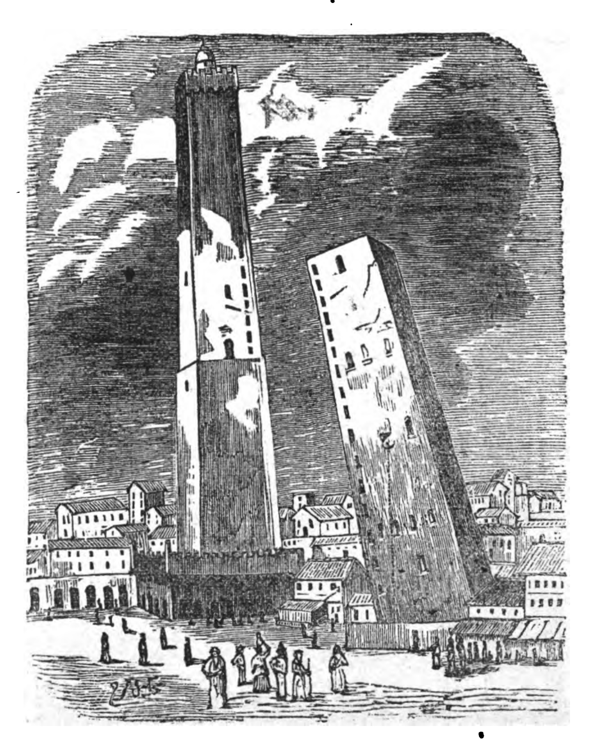
ثالثًا . بقدّر ما يسفل مركز الثقل في جسمٍ يصير اقوى ثبوتًا في محلّهِ

رابعًا . كلما ضاقت قاعدة الجسم وزاد علوهُ ضعف ثبوتهُ وكلما اتسعت قاعدتهُ وقلّ علوهُ قويَ ثبوتهُ

الشكل ٣٠

(٥٤) من الامثلة على ما تقدَّم برج بيزا بايطاليا فان علوهُ ١٨٠ قدمًا ورأسهُ مائل ١٥ قدمًا عن قاعدتهِ كما ترى في الشكل ٣٠ ولكن خط الجهة واقع داخل قاعدتهِ كثيرًا حتى صار لهُ اكثر من سبع مئة سنة مبنيًّا ولم يزل راسخًا ثابتًا كما كان قديمًا . واذا وقف انسان غريب عند اسفلهِ اجفل خائفًا

من هبوطهِ عليهِ لعظم ميلهِ . وسبب وقوع خط الجهة داخل قاعدتهِ مع ميلهِ هو ان الجزء الاسفل منهُ مبنيٌّ من حجار كثيفة جدًّا ووسطهُ من قرميد واعلاهُ من حجر خفيف ذي مسام. ويقارب برج بيزا في الغرابة برجا بولونيا (الشكل ٢١) فان الاقلّ علوًّا منهما مائل ٨ اقدام عن الخط العمودي وعلوهُ ١٣٠ قدمًا .



الشكل ٢١ . برج بولونيا المائل

(٥٥) ان الانسان يراعي شروط مركز الثقل في اكثر حركاتهِ عن غير قصدٍ وتكلُّفٍ . فان قدميهِ والفسحة التي بينهما هي قاعدة جسدهِ ولذلك اذا اراد ان يوسّع هذه القاعدة يميل ابهامي قدميهِ

الى الوحشيَّة اي الى الخارج. واذا اراد ان يقف على رجل واحدة يميل ليوقع خط الجهة داخلها واذا حمل دلو ماء ينحني الى الجهة المقابلة ليوازنهُ . واذا صعد الى جبل ينحني الى الامام. واذا انحدر عنهُ يميل الى الوراء . واذا اراد ان ينهض عن كرسي ينحني الى الامام فيقع مركز الثقل فوق قدميهِ والَّا فعضلاتهُ تعجز عن رفع جسمهِ . واذا مشى يميل الى الامام ليوقع مركز ثقلهِ امامهُ ولذلك لا يكون المشي الَّا نوعًا من السقوط . واذا ركض يميل الى الامام اكثر مما اذا مشى ولذلك لا يكون الركض الَّا سقوطًا اسرع من سقوط المشي

م

الفصل الخامس

في الرقّاص

(٥٦) حدود * الرقّاص هو كل ثقلٍ معلّق بحيث يتحرّك بغير ممانعة . وخطران الرقّاص هو حركتهُ ذهابًا وايابًا بقوّة الجاذبية والاستمرار[1] . وقوس خطرانهِ هي الفسحة التي يتحرّك فيها فاذا خطر في تلك القوس من طرف الى طرف قيل انهُ خطر نصف خطرة اوْ خطرة مفردة واذا خطر من طرف وعاد اليهِ قيل انهُ خطر خطرة كاملة او مزدوجة . وسعتهُ هي مقدار تلك الفسحة . واذا خطر في اوقات متساوية فخطراتهُ تسمّى متساوية الاوقات . وهو امَّا بسيط واما مركّب فالبسيط ما تألّف من ثقلٍ فقط معلّق بخيط لا ثقل لهُ وهذا عديم الوجود لانهُ لا يوجد خيط عديم الثقل وانما يُفرض موجودًا ليتوصّل بهِ الى معرفة

(١) اذا ترك الرقاص لذاتهِ فانهُ يسكن بجاذبية الثقل في خط سمتي . ثم اذا حرّك يخطر حتى يبلغ نهاية قوس خطرانهِ فتردهُ الجاذبية الى وضعهِ الاوّل ولكنهُ يتجاوزهُ بالاستمرار حتى يبلغ نهاية قوس خطرانهِ من الجهة الاخرى فتردهُ الجاذبية ايضًا فيخطر كذلك حتى تسكنهُ قوة اخرى

نواميس الرقّاص. والمركّب هو كل جسمٍ نجعلهُ يخطر حول نقطة كرقّاص الساعة. وهو في الغالب مؤلف من قضيبٍ منِ الزجاج او الفولاذ ومتصل من راسهِ بصفيحة لدنة من الفولاذ ومن طرفهِ بقطعة من النحاس او معدن آخر عدسيّة الشكل او كرويتهِ

(٥٧) نواميس الرقّاص * للرقّاص اربعة نواميس. الاول ان خطرات رقّاص واحد تكون متساوية الاوقات اذا كانت سعاتها صغيرة [1]. فاذا حرّكنا كرةً من الكرات الاربع المرسومة في الشكل ٣٢ وعددنا الخطرات التي تخطرها في دقيقة واحدة وجدناها متساوية

اكتشف هذا الناموس العلاّمة غليلو وهو فتًى. وكيفيّة اكتشافهِ لهُ انهُ كان جالسًا في كنيسة بيزا بايطاليا فرأى قنديلاً مدلًّى من قبّة الكنيسة يخطر ذهابًا وايابًا فراقب اوقات خطراتهِ فوجدها متساوية فاستدلّ منهـا على قياس الوقت بها

الثاني. ان وقت الخطران لا يختلف مهما كانت مادّة ثقل الرقّاص. فاذا كانت الكرة س في الشكل ٣٢ من حديد والكرة د من خشب تخطران معًا في وقتٍ واحد

(١) واما اذا كانت سعاتها كبيرة كما اذا زادت عن اربع درجات او خمس فلا يصدق تمامًا

الثالث . اذا خطر اكثر من رقّاص واحد واختلفت طولاً فاوقات خطراتها لاتكون متساوية بل متناسبة للجذور المالية من اطوالها. فاذا كان طول ا في الشكل ٢٢ $\frac{1}{9}$ طول س وخطرا معًا يسرع ا ثلاث مرّات سرعة س لان الجذر المالي من ٩ هو ٣ واذا كان طول ب ربع طول س يسرع ب سرعة س مرّتين . وبالعكس اذا خطر اكثر من رقّاص واحد فاطوالها تكون مناسبة

الشكل ٢٢

لمربعات اوقات خطراتها . فالرقّاص الذي يخطر خطرة واحدة في الثانية يكون طولهُ ٤ امثال طول رقّاص يخطر خطرة واحدة في نصف ثانية

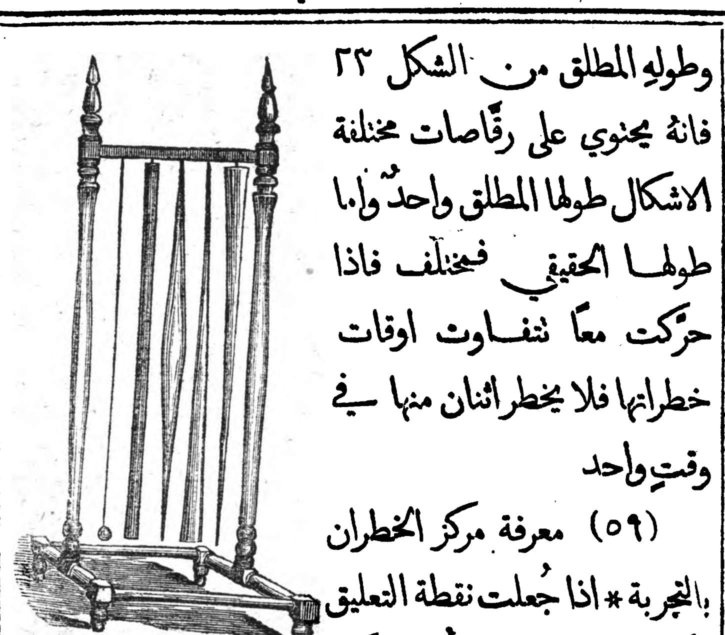
الرابع . اذا خطر رقّاص واحد فاوقات خطراتهِ تختلف باختلاف الاماكن على سطح الارض اي انها تقصر بقدر ما يزيد الجذر المالي من قوّة الجاذبية. فاذا خطر على خط الاستواء كان خطراتهُ ابطأ مما يكون على عرض آخر . واذا خطر على قطب من القطبين كان اسرع لان اضعف الجاذبيّة على خط الاستواء

واشدّها على القطبين كما مرَّ (عد ٤٥) ولما كانت الاطوال مناسبة لمربّعات اوقات الخطران فطول الرقّاص الذي يخطر خطرة في الثانية يختلف باختلاف العرض على سطح الارض كما ترى .

في سبتسبرجن	٥٩° ٤٩' ٥٨"	٣٩٫٢١٤٦ من القيراط
في ادنبرج	٥٥ ٥٨ ٤٠	٣٩٫١٥٥٤ " "
في لندن	٥١ ٣١ ٠٨	٣٩٫١٣٩٠ " "
في جاميكا	١٧ ٥٦ ٠٧	٣٩٫٠٣٥٠ " "
في سيراليوني	٠٨ ٢٩ ٢٨	٣٩٫٠١٩٥ " "

وكذا يختلف الرقّاص الذي يخطر في غير الثواني

(٥٨) مركز الخطران * ان طول الرقّاص المُطلق يُقاس من طرفهِ الواحد الى طرفهِ الآخر واما طولهُ الحقيقي فيقاس من نقطة تعليقهِ الى مركز خطرانهِ . ومركز خطرانهِ يتضح مما يأتي وهو: ان القسم الاعلى من الرقاص يخطر اسرع من القسم الاسفل وبذلك يزيد سرعة الرقّاص والقسم الاسفل يبطئ عن الاعلى وبذلك يقلّل سرعتهُ . فلا بدّ من ان يكون بين القسم الاعلى والقسم الاسفل نقطة لاتسرع ولا تبطئ عمّا لو تحرّكت وحدها معلّقة بخيط وهيّ . فهذه هي مركز الخطران وموقعها تحت مركز الثقل قليلاً . ويظهر ما يحصل من الفرق بين طول الرقّاص الحقيقي



وطولهِ المطلق من الشكل ٣٢ فانهُ يحتوي على رقَّاصات مختلفة الاشكال طولها المطلق واحدٌ واما طولها الحقيقي فيختلف فاذا حرّكت معًا تتفاوت اوقات خطراتها فلا يخطر اثنان منها في وقتٍ واحد

(٥٩) معرفة مركز الخطران بالتجربة * اذا جُعلت نقطة التعليق مركز الخطران وجُعل مركز

الشكل ٣٢

الخطران نقطة التعليق يبقى الرقَّاص كما كان. فلذلك اذا تحقَّقنا وقت خطران رقَّاص ثم ادرناهُ جاعلين نقطة التعليق الى اسفل وعلقناهُ بنقطةٍ أُخرى فحيثما رجع وقت خطرانهِ كما كان كانت تلك النقطة هي مركز الخطران فتحسب نقطة التعليق وتحسب نقطة التعليق مركز الخطران

ويُعرف مركز الخطران بطريقة اخرى ايضًا وهي ان نربط رصاصة بخيط دقيق خفيف فتُحسب رقّاصًا بسيطًا لان الخيط يكاد يكون بلا ثقل لخفّتهِ بالنظر الى الرصاصة. ثم نعلّق الخيط بالمحور المعلّق بهِ الرقّاص المطلوب مركز خطرانهِ بحيث يقع تجاه الرقّاص ونحرّكهُ ونطيلهُ او نقصّرهُ اذا اقتضى الامر

حتى يخطر هو والرقّاص في وقتٍ واحدٍ . ومتى هدأ نعيّن المساحة التي يتحرّك فيها رقّاص الرصاصة ونستعلم مركزها فهو مركز الخطران بالتقريب

(٦٠) قياس الوقت بالرقّاص * اذا علّقنا رقّاصاً بمسمار وحرّكناهُ يخطر مدّة ثم يهدأُ لانهُ يحتكّ بالمسمار عند نقطة تعليقهِ فتقلّ حركتهُ ولان الهواء يقاومهُ وهو يخطر فيهِ فتقلّ حركتهُ ايضاً حتى تفنى . فاذا أُريد تحريكهُ تحريكاً دائماً اقتضى ان يعوَّض لهُ عما يخسرهُ بالاحتكاك ومقاومة الهواء وذلك يكون باستخدام الدواليب وادوات أُخرى كما ترى في الساعة الاعتياديّة فان آلاتها انما يُقصد منها ادامة حركة الرقّاص وعدّ خطراتهِ .

الشكل ٢٤

انظر الى الشكل ٢٤ فان ر دولاب يديرهُ الثقل او الزنبرك ولم يُرسما هنا و م ن شاكوش يُحرَّك بالماسك المشعَّب ا ب ويمسك اسنان الدولاب بطرفيهِ . فكلما خطر الرقّاص خطرة مزدوجة يفلت الشاكوش سنّاً من اسنان الدولاب فتُعدّ خطرات الرقّاص بذلك . فالاحتكاك ومقاومة الهواء يعوَّض عنها بالثقل او الزنبرك الذي يدير الدولاب لانهُ يشدّ بالدولاب دائماً فاذا افلتت سن من اسنانهِ من الشاكوش تدفع

الشاكوش فتتصل قوّة الدفع منهُ الى الماسك المشعّب ومن الماسك الى الرقّاص فيستعين بهذه القوّة على مقاومة الاحتكاك والهواء ويبقى متحركًا على الدوام ثم اذا اتصل بمحور الدولاب عقربٌ يدور على مينا فكلما افلت من الدولاب سنٌّ يدور العقرب على المينا فيقيّد خطران الرقّاص فيُعرف الوقت بذلك . ويتضح كل ما تقدّم من النظر الى آلات ساعةٍ دائرة

(٦١) تأخر الساعات وتقدّمها * لايخفى ان الحرارة تمدّد الاجسام اي تكبّر حجمها والبرودة تقلّصها اي تصغّرهُ فلذلك يطول الرقّاص في الصيف ويقصر في الشتاء فتتأخر الساعات في الصيف وتتقدّم في الشتاء (عد ٥٧ الناموس الثالث) ويُصلَح ذلك برفع ثقل الرقاص ل او بخفضهِ بواسطة اللولب ف في آخر القضيب ت

(٦٢) الرقّاص التعويضي او المصبّع * هذا الرقّاص مؤلف من قضبان نحاسيّة وقضبان فولاذيّة متصلة بعضها ببعض على شكل ان قضبان النحاس ن ن ن ن في الشكل ٢٥ تطول صاعدًا اذا تمدّدت وقضبان الفولاذ ف ف ف تطول نازلاً فيبقى مركز الخطران غير متغيّر ولو تغيّرت

شكل ٢٥

درجة الحرارة * والرقّاص الزئبقي يشتمل على كأس فيها زئبق فاذا زادت الحرارة وتمدّد قضيب الرقّاص نازلاً يتمدّد الزئبق في الكأس صاعدًا فيبقى مركز الخطران في محلهِ

(٦٣) فوائد الرقّاص * اوّلاً لما كان وقت خطران الرقّاص يدلّ على قوّة الجاذبية (عد ٥٧ الناموس الرابع) ولما كانت قوّة الجاذبية تنقص بقدر ما يزيد مربّع البعد عن مركز الارض (عد ٤٤ ثانيًا) فاذا انتقلنا بالرقّاص من مكان الى آخر عرفنا من خطرانهِ طول نصف قطر الارض في ذلك المكان . ومن معرفة طول نصف قطر الارض في اماكن شتى يُعرف شكل استدارتها . ثانيًا اذا استعلمنا قوّة الجاذبيّة في مكان نستعلم منها سرعة جسم ساقط (عد ٤٧) . ثالثًا يمكن استعمال الرقّاص قياسًا ثابتًا للمقاييس فان الاقيسة الانكليزية منقولة عن طول رقّاص الثواني في مدينة لندن . رابعًا ان العلّامة فوكول اثبت دوران الارض عيانًا بالرقّاص وهذه الفائدة الاخيرة والفائدة الاولى يستوفى الكلام عليها في علم الهيئة . وللرقاص فوائد اخرى لا محلّ لاستيفائها هنا

(٦٤) مسائل للتمرين * (١) اذا سقطت تفاحة الى الارض فكم تنهض الارض للاقائها . (٢) أعلى الجبل يزيد ثقل الجسم ام في الوادي . (٣) أسقوط الاوقيّة ابطأ من سقوط الاوقيتين أم لا . (٤) أُلقي حجرٌ في بئر فلم

يبلغ قعرها الاّ بعد ثلاث ثوانٍ فكم عمقها . (٥) هل يكون مركز الثقل داخل الجسم دائمًا . (٦) اين مركز الثقل لحلقة من حديد . الجواب في مركز دائرتها . (٧) اين مركز الثقل لكرة متساوية الكثافة . (٨) لماذا تتدحرج الكرة عن الجبل . (٩) لماذا يُدحرج الجسم المستدير اسهل مما يُدحرج المربَّع . (١٠) لماذا يسهل قلب ضِغث من البلاّن ويعسر قلب حمل من الحجارة . (١١) لماذا يكون الهرَم امتن الابنية . (١٢) لماذا يحمل البهلوان عصًا ثقيلة طويلة وهو يمشي على الحبل . الجواب . ليوسّع قاعدته فيقلّ الخطر عليهِ من السقوط . (١٣) اذا حُملت ساعة الى رأس جبل أتتقدّم أم تتأخر . واذا حُملت الى القطب الشمالي . (١٤) أتقصر رقّاص ساعتك ام تطوّلهُ في الشتاء . (١٥) لماذا يُفضَّل ان يكون ثقَل الرقّاص مسطحًا لا كرويًا . (١٦) ما هو سبب تكّ الساعة . (١٧) كم هو طول رقّاص يخطر خطرة في الدقيقة على عرض نيويورك (طول رقّاص الثواني في نيويورك ٣٩،١ القيراط) الجواب (ثانية ١)٢ : (٦٠ ثانية)٢ :: ٣٩،١ القيراط : ٢،٢٢ الميل وهو المطلوب . (١٨) وكم هو طول رقّاص فيها يخطر خطرة في نصف ثانية . وآخر يخطر خطرة في ربع ثانية . وآخر خطرةً في الساعة . (١٩) اذا كان طول رقّاص ١٦ قيراطًا وطول آخر ٦٤ قيراطًا فما هي نسبة وقت خطران احدهما الى وقت خطران الآخر . (٢٠) اذا وقفت بلصق حائط فلماذا لا تقدر ان ترفع حجرًا من بين قدميك . (٢١) اذا سقط حجر عن رأس برج علوّهُ ٩٨ قدمًا فبأي سرعة يصيب الارض . (٢٢) بقي جسم ٥ ثوانٍ ساقطًا فبأي سرعة يصيب الارض . (٢٣) رُمي جسم الى فوق بسرعة ١٩٣ قدمًا في الثانية الاولى فالى ايّ علوّ يصل . تُحلّ هذه المسئلة كما تُحلّ الآتية : كم يسقط الجسم حتى تصير سرعتهُ ١٩٣ قدمًا . (٢٤) اذا أُطلقت رصاصة الى فوق بسرعة ٢٥٦ قدمًا فالى ايّ علوّ تصل وكم تبقى صاعدةً . (٢٥) لماذا لا تنزل نقطة المطر بزخم مطابق لنواميس الاجسام الساقطة . الجواب لصغر حجمها فيقاومها الهواء حتى يفني سرعتها تقريبًا . ولولا

عناية الباري تعالى في مقاومة الهواء لها لكانت سرعتها تزيد حتى تصير في آخر الدقيقة الاولى من وقوعها مثل سرعة قنبلة المدفع ولكان المطر شرًّا على البشر والارض باسرها من رصاص المتحاربين عند اشتداد المعارك . (٣٦) هل يكون خطّان سمتيان متوازيين . (٣٧) سقط حجرٌ عن جسر فاصاب الماء في ثلاث ثوانٍ فما هو علوُّ الجسر . (٣٨) سقط حجر عن رأس برج كنيسة فاصاب الارض بعد اربع ثوانٍ فما علوّ البرج . (٣٩) اذا سقط جسم عن ارتفاع ١٢٠٠٠ ميل عن سطح الارض فكم يسقط في الثانية الاولى . الجواب . على هذا الفرض بعدهُ عن مركز الارض ٣ اضعاف بُعد جسم على سطح الارض عن المركز فجاذبيته تكون ١/٩ من جاذبيته و ١/٩ X ١٦ = ١٦/٩ قدم . (٤٠) وزن جسم على سطح الارض مئة قنطار فما وزنه على ارتفاع ١٠٠٠ ميل عنه . (٤١) اراد واد ان يستعلم علوّ برج فرمى اليهِ سهمًا فبلغ السهم رأس البرج ونزل الى الارض في ٦ ثوانٍ فكم علوّ البرج . (٤٣) سقطت هرّة من منطاد فاصابت الارض في عشر ثوانٍ فمن اي علوّ سقطت . (٤٤) طول رقّاص ٤٠ قدمًا ففي كم من الزمان يخطر خطرة واحدة . الجواب . اذا فُرض طول رقّاص يخطر ثواني في بيروت ٣٩ قيراطًا تقريبًا تكون النسبة بموجب (عد ٥٧) هكذا ٣٩ : ٤٠ X ١٢ :: ١″٢ : و٢ و و٢ = ٣ ١٢ او و = ٥ ٣″ تقريبًا . (٣٤) وزن جسم على سطح الارض ٢٠٠٠ اوقية فما وزنه على ارتفاع ٢٠٠٠ ميل عنه . وعلى ارتفاع ٥٠٠ ميل . (٣٥) على اي ارتفاع عن الارض يسقط الجسم في الثانية الاولى ١٢ ١/٢ قدم فقط . الجواب . ١٢ ١/٢ : ١٦ :: ٤٠٠٠٢ : مربّع البعد = ٢٠٧٥٦٧٥٦ ٧٥ وجذر هذا المالي ٤٥٥٦ ميلاً تقريبًا وهو البعد عن مركز الارض اطرح ٤٠٠٠ بُعد سطحها عنه يبقى ٥٥٦ ميلاً فعلى هذا العلوّ يسقط ١٢ ١/٢ قدم في الثانية . (٣٦) كم يسقط الجسم في ٨ ثوانٍ . وفي الثانية الثامنة وفي ١٠ ثوانٍ . وفي الثانية الثلاثين

ملحق

في تاريخ الساعات

كان القدماء يقسمون الوقت بآلات كلية البساطة اقدمها المِزولة (اي الساعة الشمسية) والساعة الرملية والساعة المائية وهي عبارة عن كوبة مثقوبة تُملأ ماء وتوضع فوق وعاء فيهِ جسمٌ خفيف فينزل الماء من ثقبها الى الوعاء ويطفو الجسم الخفيف عليهِ فيُستعلم الوقت من ارتفاع ذلك الجسم . وقد تفنَّن العرب كثيرًا في هذه الساعة وانقنوها اتقانًا عظيمًا ويقال ان الخليفة هرون الرشيد اهدى شارلمان الافرنجي ساعة بديعة الصنعة في القرن التاسع . وروى المؤرخون ان ملك الانكليز ألفرد الكبير كان يقسم الوقت باضاءة شمع متساوي الحجم فيوقد كل يوم ست شمعات واضعًا اياها ضمن علب من قرن الحيوان ليمنع عنها مجاري الهواء فيستعلم الوقت منها ولم تُستعمَل الساعة في اوربا قبل القرن الحادي عشر والظاهر انها نُقلت اليها عن العرب ولا استُعمل الرقّاص فيها قبل اوائل القرن السابع عشر . ولما صنعوا الساعة الاولى في بلاد الانكليز سنة ١٢٨٨ ب.م. كان لها عندهم قيمة وسماع حتى انهم وكّلوا بها رجلاً من ذوي المراتب السامية . وكانت ساعات هاتيك الازمان على غاية من الاتقان تدلُّ على حركات الاجرام السماوية ويخرج منها اطيار مغرِّدة ودبوك صائحة وجنود مبوّقة واجراس رنّانة واساقفة وخوارنة ورهبان وضبّاط وقوّاد مختلفة الملابس والهيئات وغيرُ حول ميناها مخبرة بالوقت . وفي القرن الخامس عشر صنعت الساعات الصغيرة في مدينة نورمبرج بالمانيا وكانت تُسمَّى بيض نورمبرج وشاع

استعمالها في القرن السادس عشر فكان منها ما هو صغير كساعات هذه الايام وما هو كبير كالصحون. غير انها كانت تدوّر مرّتين في اليوم ولم يكن فيها عقرب للثواني ولا للدقائق وكانت مع ذلك عسرة العمل مؤلفة من ٨٠٠ قطعة . وفي سنة ١٦٥٨ اخترع الدكتور هوك الزنبرك فصارت الساعات الصغيرة تجري بدقّة الرقّاص . وتسهّل عملها كثيرًا فلا يوجد الآن في الساعات الصغيرة المعروفة بساعات وَلثهم اكثر من ١٢٠ قطعة . وقد برع اهل هذا الزمان في صنع الساعات براعة غريبة حتى ان بعضها لا يختلّ اكثر من دقيقة في نصف سنة

م



الباب الثالث

في الحركة

الفصل الاول

في الحركة والقوة

(٦٥) حدود * الحركة الانتقال من مكان الى آخر وهي امّا مطلقةٌ واما نِسْبيّة .وعدمها السكون وهو ايضًا امّا مطلق واما نِسبيٌّ . فالحركة المطلقة هي انتقال الجسم بالنظر الى جسمٍ آخر تامّ السكون والحركة النسبيّة هي انتقال الجسم بالنظر الى جسمٍ آخر نسبيّ السكون كانتقال الانسان من محلّ الى آخر فان حركتهُ تكون بالنسبة اليها. والسكون النسبيّ مثل جلوس المسافر في سفينة جارية فانهُ ساكن بالنسبة الى سواريها وبقيّة ما فيها ولكنهُ متحرّك بالنسبة الى الماء والاماكن التي تمرّ السفينة عليها . واما السكون المطلق فلا علم لنا بوجوده،

لا يسكن الجسم سكونًا مطلقًا الاّ اذا خلا من الحركة تمامًا ولا دليل على انهُ يوجد جسمٌ كذلك في الكون . فان الارض تتحرك بكل ما فيها دائرةً حول الشمس وكذلك سائر السيارات والاقمار وقد ثبت ان الشمس وبعض النجوم الثوابت تتحرك في السماء ولا يبعد ان تكون النجوم الثوابت كلها متحركة ايضًا * والمظنون ان كل الاجسام تتحرك حركة ذاتيّة مستقلّة عن حركة الارض اوغيرها من الحركات الظاهرة . فان الحجر مثلاً يظهر لنا ساكنًا على الارض ولكن دقائقهُ تتحرّك تحرّكًا عنيفًا فيما بينها على ما يُظن ولو كان ذلك لا يظهر باقوى المكبرات * ولما كانت الحركة المطلقة لا تُعرف الاّ بالنظر الى السكون المطلق وكان هو غير موجود فهي غير موجودة . ولذلك يقال ان الحركة ناموس من النواميس الطبيعيّة ولابدّ منها لقيام الكون واما السكون فلا يكون الاّ بالنسبة اليها * ومعدّل الحركة هو السرعة فاذا تحرّك جسمٌ عشرة اميال في الساعة قيل ان سرعتهُ عشرة اميال

(٦٦) انواع الحركة * الحركة اما مستقيمة واما منحنية . فالمستقيمة هي التي يتحرّك بها الجسم في خطٍ مستقيم والمنحنية هي التي يتحرك بها الجسم في خط منحنٍ وسيأتي تفصيلها . وكلٌّ منها اما متساوية او متفاوتة فالمتساوية هي التي يقطع بها الجسم ابيانًا متساوية في اوقات متساوية . مثالها دوران عقرب الساعة فانهُ يدور دوراتهِ على ميناها في اوقات متساوية ودوران دولاب الماء اذا حرّكهُ الماء بقوّة متساوية . والمتفاوتة هي التي يقطع بها الجسم ابيانًا غير متساوية في اوقات متساوية . فاذا تزايدت الابيان التي يقطعها في وقتٍ واحدٍ قيل ان حركتهُ المتفاوتة متسارعة كحركة

المركبة عند اوّل جريهـا فانها تبتدئ ببطوء ثم تسرع تدريجًا وكذلك نزول الاجسام كما مرَّ (عد٤٦) . واذا تناقصت الابيان التي يقطعها في وقتٍ واحد قيل ان حركتهُ المتفاوتة متباطئة كحركة المركبة عندما يراد توقيفها فانها تتباطأُ تدريجًا حتى تسكن وكذلك صعود الاجسام كما مرَّ (عد ٤٩)

(٦٧) اضداد الحركة * اشهر اضداد الحركة ثلاثة: الاحتكاك والهواء وجاذبية الثقل . فالاحتكاك في اصطلاح الفلاسفة هو الممانعة الحاصلة لحركة الجسم من السطح الذي يزلق الجسم او يتدحرج عليهِ فالاحتكاك على نوعين احتكاك الزلق واحتكاك التدحرج . والسبب في احتكاك الاجسام بعضها على بعض خشونتها فان الاجسام مهما صُقلَت ومُلِّست لا يزال بعض اجزائها ناتئًا وبعضها غائرًا كما يظهر اذا نُظرت بالمكرسكوب . فلو امكننا صقلها حتى تصير تامَّة الملاسة لتلاشى الاحتكاك ولكننا انما نستطيع الآن ان نقلّل احتكاكها بتزبيت سطوحها او بدهنها بالشحم حتى تمتلئ الاجزاء الغائرة التي فيهـا فتصير على مساواة الناتئة * والاحتكاك يختلف كثيرًا بين الاجسام فاذا كانت من موادّ متشابهة كان عظيمًا واذا كانت من موادّ غير متشابهة كان قليلاً . واذا زاد ضغطها بعضها لبعض زاد واذا قلَّ قلَّ .وهو كبير المنفعة

فلولاهُ لم تكن فائدة للمسامير واللوالب والخيطان والدواليب لانها لا تثبت الا بهِ . ولولاهُ ايضاً ما استطاع الانسان ان يلتقط او يمسك شيئاً ولا ان يقف او يمشي بل كان يزلق كل خطوة اكثر ممن يزلق على أملس الجليد

والهواء يحيط بكرة الارض من كل ناحية فحيثما سار الانسان على سطحها او صعد عنهُ الى الجوّ او نزل من الجوّ اليهِ عارضهُ الهواء وقاوم حركتهُ . وذلك لان الانسان اذا تحرّك طرد الهواء من مكانهِ وحلّ محلهُ وهذا لا يكون بدون ان يقاومهُ الهواء . وقد وُجد أن هذه المقاومة تزيد بقدر مربَّع السرعة . لان مقاومة الهواء لهُ تزيل بعض قوّتهِ اي زخمهِ فهي كناية عن زخمٍ ولنفرض ذلك الزخم م والزخم يتغيَّر كتغيُّر السرعة في المادّة كما سيأتي بُعيد هذا فلنفرض كمية المادّة ك وس السرعة لذلك م ∞ س × ك . ولكن بما انهُ بزيادة السرعة تزداد كمية الهواء المقاوم وبنقصانها تنقص تكون س ∞ ك ويصحّ ان نضع س موضع ك في العبارة المذكورة فتصير م ∞ $س^٢$. وهكذا يقال في مقاومة الماء لجسمٍ يجري فيهِ

(٦٨) القوّة * هي ما يحدث الحركة او يبطلها فاذا دامت تحرّك الجسم كقوّة الجاذبيّة سُميت المتصلة والّا فهي المنقطعة .

واشهر القوّات الطبيعيّة قوّة الجاذبية وقوّة الاجسام الحيّة كقوّة الانسان والحيوان وقوّة الاجسام المرنة. ويُعتبر في القوّة ثلاثة امور مكان فعلها في الجسم وجهتها ومقدارها. اما مكان فعلها فهو النقطة التي تفعل بها من الجسم واما جهتها فهي الخط الذي تسير فيهِ تلك النقطة واما مقدارها فمفهوم. وتُقاس عادةً بعدّة ليبرات او ارطال او غيرها من الاوزان

اذا ربط ولدٌ حجرًا بخيط وجرّهُ فالجرّ هو فعل قوّتهِ والنقطة التي يُربط الخيط بها من الحجر هي مكان فعلها والخطّ الذي يجرّ الحجر عليهِ هو جهتها واما مقدارها فيكون بالنسبة الى ثقل الحجر

(٦٩) بقاء القوّة * قد تقدّم ان المادّة لا تتلاشى بل تتحوّل من صورة الى اخرى (عد ١٢) وكذلك القوّة فان الطفل اذا رفس الارض برجلهِ فقوّة رفسهِ تتحوّل الى حركة فتحرّك الارض كلها وهذه الحركة تتحوّل الى فعل آخر وهلمّ جرًّا. وعلى هذا المنوال يقطع الحبل خرزة البئر وتأكل اتقدم الناعمة الصخرة الصمّاء

(٧٠) الزخم * اذا تحرّك جسمٌ بقوّة ولم تمانعهُ اضداد الحركة حتى صدم جسمًا آخر فانهُ يصدمهُ بقوّة تساوي القوّة التي تحرّك بها ونُسمّي قوّة صدمهِ هذه زخمًا. فالزخم هو مقدار قوة حركة الجسم ويساوي ثقلهُ مضروبًا في سرعتهِ معبرًا عنها باقدام او غيرها. فاذا رُمي حجرٌ ثقلهُ ٥ ارطال بسرعة ٣٠ قدمًا في الثانية فزخمهُ = ٥X٣٠ اي ١٠٠ رطل

(٧١) ان زخم جسمٍ اذا كان ناتجًا عن قوة متصلة كقوة الجاذبية هو اعظم جدًّا منهُ ناتجًا عن قوة منقطعة اذ كانت السرعة الاخيرة لقوة متصلة تزداد كالوقت او كمربع البعد (عد ٤٧) والجسم المتحرّك بقوة منقطعة سرعتهُ[1] واحدة في كل الوقت فيبقى زخمهُ واحدًا . ولكن الجسم الساقط بقوة الجاذبية يقاس او يُعرف زخمهُ في آخر وقت مفروض بالحاصل من ضرب سرعتهِ الاخيرة في مقدار مادّتهِ . فلو فرض ثقل جسمٍ ساقط بالجاذبية ٦ ارطال لكان زخمهُ في آخر الثانية الاولى ٣٢ X ٦ = ١٩٢ وفي آخر الثانية ٣٨٤ فزخمهُ يزداد الى مقدار فاحش بزيادة الوقت

في ضربة شاكوش على مسمار مثلاً او مهدّة على حجر او غير ذلك ربما يلزم المسمار ثقل قناطير فوقهُ لكي يحرّكهُ للنزول في الخشب ولكنهُ بسهولة يخترقهُ بالشاكوش بقوة متصلة . واذا كانت حركتهُ نازلة تساعدهُ قوة الجاذبية ولهذا يفعل الشاكوش اذا كانت الضربة نازلة اكثر مما اذا كانت افقيّة . فيلزم ابعاد الشاكوش وزيادة سرعتهِ ليقوى فعل الضربة اذا كانت افقيّة . وهكذا يقال في المهدّة

(٧٢) انتقال الحركة * ان الحركة لاتنتقل الى كل اجزاء الجسم دفعةً واحدة بل تدريجًا . فاذا اردنا ان ندحرج حجرًا كبيرًا ندفعهُ اولاً فلا يتزحزح حتى تنتقل حركة الدفع من دقيقة الى اخرى فيهِ وتمتدّ الى كل اجزائهِ فيتحرّك ويتدحرج .

واذا سُقنا حصانًا يجرُّ مركبة ثقيلة فالحصان يسحب برهةً حتى تتحرك المركبة لان حركة جزءٍ لا تمتدُّ الى كل اجزاء العربة الاَّ تدريجًا. فاذا وثب بغتةً فقد يكسر المركبة لانهُ لا يصبر على الحركة حتى تمتدَّ الى كل دقائقها فالدقائق التي تحرَّكت تسير معهُ والتي لم تتحرك تبقى مكانها

قيل انهُ اذا فعلت قوَّة بطرف قضيب من الحديد طولهُ ميل فطرفهُ الآخر لا يتحرَّك الاَّ بعد نصف دقيقة من الزمان * اذا ضربنا لوح زجاج بحجر يتكسَّر كسرًا واما اذا اطلقنا عليهِ رصاصة فتثقبهُ ثقبًا مستديرًا على قدرها وتترك الباقي صحيحًا . وسبب ذلك ان الرصاصة لعظم قوَّتها تثقب اللوح وتنفذهُ قبلما تمتدَّ الحركة الى الدقائق المجاورة واما الحجر فلا ينفذهُ حتى تكون الحركة قد اتصلت الى بقيَّة دقائقهِ فينكسر. وعلى ذلك يمكن ان تثقب الشمعة الليِّنة الخشب القاسي اذا أُطلقت عليهِ من بندقيَّة لانها تقع عليهِ بسرعة عظيمة فتنفذهُ قبلما تنضغط اجزاؤُها الليِّنة وترتدُّ . وبعبارة أُخرى ان سرعتها حينئذٍ اذا ضُرِبت بجاذبيَّة الملاصقة التي بين دقائقها زادت قوَّةً عن قوَّة جاذبيَّة الملاصقة التي بين دقائق الخشب

الفصل الثاني

في نواميس الحركة

(٧٣) نواميس الحركة[1] * نواميس الحركة ثلاثة: الاوّل اذا تحرّك جسمٌ بقي متحركًا الى الابد في خط مستقيم ما لم تمانعهُ قوة اخرى . فهذا عين الاستمرار (عد ١١) ويتضح من خطران الرقّاص كما يأتي: يُصنع الرقّاص حتى يخطر بأقل ما يمكن من الاحتكاك ثم يوضع في قابلة من الزجاج فوق مفرّغة الهواء . فكلما بولغ في تفريغ الهواء طال زمن خطران الرقّاص . قيل انهم اتصلوا في تفريغ الهواء الى ان صار الرقّاص يخطر ٢٤ ساعة من نفسهِ والمظنون انهُ لو استطاع الانسان ملاشاة كل اضداد الحركة لبقي الرقّاص يخطر الى الابد . وهذا الظنّ مبنيٌّ على انهُ اذا تحرّك الجسم بقي متحركًا الى الابد في خط مستقيم ما لم يمنعهُ مانع . ولكن لما كان الانسان عاجزًا عن ملاشاة اضداد الحركة كان

(١) اول من اوضحها الفيلسوف اسحق نيوتن

عاجزًا ايضًا عن اثبات الناموس الاوَّل تمامًا بالتجربة

(٧٤) الناموس الثاني . اذا فعلت قوَّة بجسمٍ ساكن او متحرّك عملت عملًا واحدًا سواءٌ كانت وحدها او اقترنت بغيرها ويتضح ذلك من الامثلة الآتية

كل الاجسام الارضية متحركة على الدوام لان الارض متحركة ولكننا اذا اردنا ان ننقل جسم من محلّ الى آخر فنقلهُ لا يكون اعسر مما لو كانت الارض غير متحركة . واذا رمينا غرضًا من الشمال الى الجنوب او بالعكس فانهُ يصيبهُ مع انهُ يكون قد سار كثيرًا قبل وصول الحجر اليهِ لان الارض تتحرك بالحجر على محورها من الغرب الى الشرق فتكسبهُ استمرار حركة كالغرض مع حركتهِ بدفعهِ الى نحوهِ . واذا رمينا حجرًا في الجوّ بقوَّة تصعدهُ ٥٠ قدمًا صعد خمسين قدمًا مهما كانت الريح الافقيَّة الهابَّة حينئذٍ . واذا اطلقنا قنبلةً من مدفع في جهةٍ افقيَّة سقطت واصابت الارض في الوقت الذي تصيبها فيهِ لو سقطت من فم المدفع

(٧٥) الحركة المركبة *

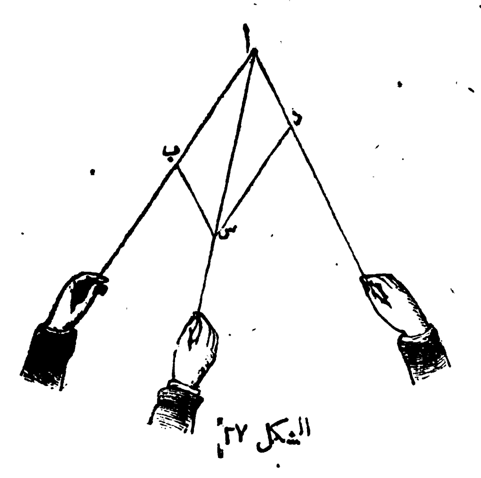
لنفرض انَّا وضعنا كرةً عند ا في الشكل ٣٦ ثم فعلت بها قوَّتان

س د ب ا

الشكل ٣٦

كما اذا ضربناها ضربتين في وقت واحد ضربةً تدفعها في جهة الخط ا ب والاخرى في جهة ا س فهي لا تطاوع واحدةً منهما وحدها بل تسير بينهما في جهة الخط ا د ويسمى الشكل ا ب د س

الشكل المتوازي الاضلاع للقوّات[1] ويسمى القطر ا د النتيجة



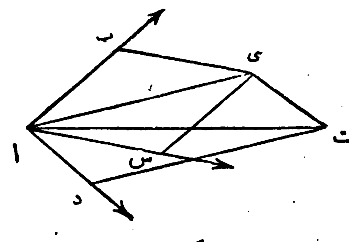
الشكل ٢٧

(٧٦) تركيب القوّات * فكلما فعلت قوّتان بجسمٍ نرسم خطّين يدلّان على جهتيهما (عد ٦٨) ونقطع منهما قطعتين كالقطعة ا د والقطعة ا ب في الشكل ٢٧ متناسبتين في طولهما لسرعتي القوّتين. ثم نتمّ الشكل المتوازي الاضلاع فنرسم من ب الخط ب س متوازيًا للخط ا د ومن د الخط د س موازيًا للخط ا ب ونرسم القطر ا س فيدلّ على نتيجة تينك القوّتين وهي الجهة التي يسير الجسم فيها. واذا فعل بالجسم اكثر من قوّتين في

---

(١) الخطوط المتوازية هي التي اذا رُسمت في سطحٍ مستوٍ لا تلتقي مهما أُخرجت كالخطين ا ب و د س والخطين ا د و ب س . ولما كان كل خطين متقابلين في هذا الشكل متوازيين سمي متوازي الاضلاع . وضلعه هو الخط منه كالضلع ا ب او ب س وقطرهُ الخط من زاوية منه الى التي تقابلها كالخط ا س

وقتٍ واحدٍ تُستعلم اولاً نتيجة قوّتين منها كما تقدَّم ثم تؤخذ هذه النتيجة وقوّةٌ اخرى وتُستعلَم نتيجتهما وهلمَّ جرًّا حتى تستعلم نتيجة سائر القوات

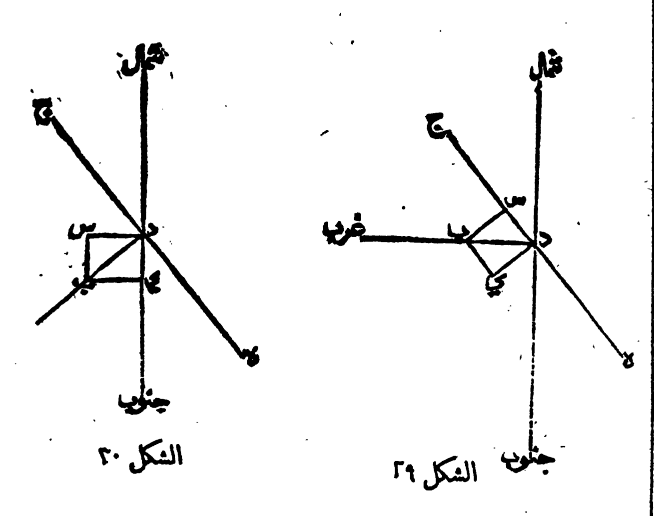


الشكل ٢٨

فاذا فعل بجسم عند ا (الشكل ٢٨) ثلاث قوات ا ب وا س و ا د نجد الجهة التي يسير فيهـا الجسم برسم شكلٍ متوازي الاضلاع ا س ي ب واستعلام قطرهِ ا ي فيكون نتيجة القوتين ا ب و ا س . ثم نرسم من هذا القطر ومن القوّة الثالثة ا د شكلاً آخر متوازي الاضلاع ا د ت ي ونستعلم قطرهُ ا ت فهو نتيجة الثلاث اي الجهة التي يسير الجسم فيها بفعل ثلاث قوّات اما استعلام كل ذلك فبحساب المثلثات

(٧٧) أمثلة تركيب القوات * اذا اراد رجل ان يقطع نهرًا في قارب فالنهر بالطبع يأخذهُ معهُ في جريهِ ولذلك يجذّف الرجل نحو مكان فوق المطلوب حتى يصل الى المطلوب . واذا كان انسان مسافرًا في مركبة سريعة السير ورمى حجرًا على غرض يخطئهُ اذا لم يرمِ الحجر الى ما وراء الغرض قليلاً . وذلك لان الحجر يكون مشاركًا للمركبة في السير فاذا رماهُ الراكب صار مفعولاً بهِ من قوّتين قوة تأخذهُ في جهة المركبة وقوة تأخذهُ نحو الغرض تمامًا فيذهب في نتيجتهما ولا يصيب الغرض بل يصيب محلاً امامهُ وهكذا يُقال عمن اراد ان يطلق بارودتهُ وقد مُلئت طلق رصاص او خردق وهو في مركبة سائرة * ان الذين يطاردون على الخيل في ميادين مستديرة قد يقفزون عن ظهورها ويمرّون في حلقات معلّقة امامهم ويعودون اليها دون ان يمسّوا الارض . وكيفية قفزهم انهُ اذا قارب الفارس منهم الحلقة وثب عن ظهر جوادهِ الى الاعلى

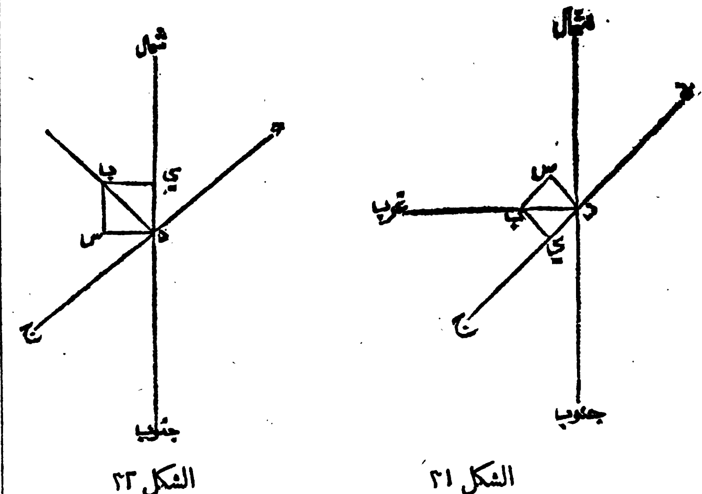
فيكون مفعولاً لقوّتين احداها وثوبة الى الاعلى والاخرى سرعة جوادهِ فيذهب في نتيجتهما ويمرّ في الحلقة ويرجع راكبًا على متن الجواد * ان الطائر يحرّك الهواء بجناحيهِ فيذهب في الجهة التي بينهما والسابح يحرّك الماء بيديهِ ورجليهِ فيذهب في الجهة التي بينهما ايضًا



الشكل ٣٠ الشكل ٢٩

(٧٨) حلّ القوات * حلّ القوات عكس تركيبها وهو معرفة القوّتين على فرض معرفة النتيجة. وذلك يكون بأخذ تلك النتيجة وجعلها قطرًا لشكل متوازي الاضلاع. مثالهُ: اذا فُرض الخط ج ه في الشكل ٢٩ قلع قارب مسافر الى الشمال بريحٍ غربيةٍ. فحلّ قوة الريح المدلول عليها بالخط ب د الى قوّتين ب ي و ب س. فالقوة ب ي توازي القلع كما ترى ولذلك لا تؤثر فيهِ واما القوة ب س فعمودية عليهِ ولذلك يقتضي ان

تدفعهُ نحو الشمال الشرقي . ثم ليدل ب د في الشكل ٣٠ على القوة ب س المارّ ذكرها . حلها الى القوتين ب ي و ب س فالقوة ب ي تدفعهُ في جهتها ولكن شكل جرم القارب والدفة يضادانها فيبطلان فعلها واما القوة ب س فتوازي الجهة التي يسير القارب فيها فتسوقهُ امامها الى الشمال. ولذلك ترى الملاّحين يديرون القلوع في رجوعهم عمّا تكون في ذهابهم او يقلعون شمالاً وغيرهم يقلع جنوبًا بريح واحدة

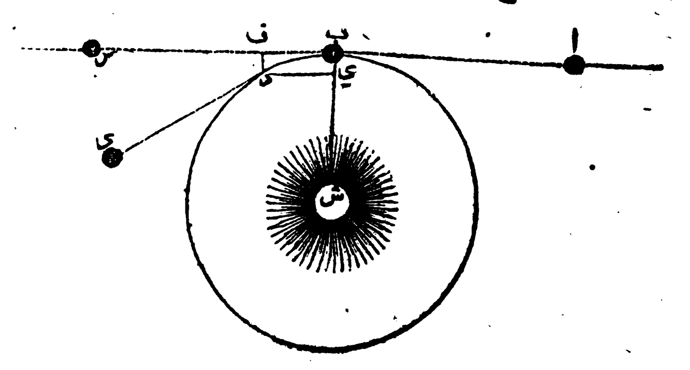


الشكل ٣١ الشكل ٣٢

ثم اذا فُرض ان وَضع القلع كان في جهة ه ج في الشكل ٣١ و ٣٢ وان الريح لم تزل غربية فبحل قوتها مرتين نُستخرج قوة تسوق القارب الى الجنوب وهي ب د في الشكل ٣٢. وقد ضربنا

صفحًا عن تفصيل ذلك هنا ليكون للتلميذ مندوحةٌ لتفصيلهِ على ما تقدَّم * واذا كانت الريح شرقيةَ المهبّ وطلب القارب ان يسير غربًا اي ضدَّها يسافر تارةً الى الشمال الغربي وطورًا الى الجنوب الغربي فيذهب في وجه الريح

وعلى قاعدة حلّ القوات تُحلّ القوات الثلاث التي تطير بها الطيّارة وهي ثقلها وشدّ خيطها وقوة الريح عليها فاذا فُرض ج ه في الشكل ٢٩ وجه الطيارة يكون ب د قوة الريح فتحلّ الى ب س و ب ي . اما ب ي فلا تؤثر في



الشكل ٣٢

الطيّارة واما ب س التي هي ب د في الشكل ٣٠ فتحلّ الى قوّتين ب ي و ب س (الشكل ٣٠) فالقوة ب س تغلب ثقل الطيّارة وتطلب ان ترفعها والخيط يسحبها في جهة ب د اي في جهة عمودية على وجهها فيكون الفاعل بها حينئذٍ قوة الريح وشدّ الخيط فلا تطاوع واحدًا منها وحدهُ بل تطير بين الجهتين في جهة ج د

(٧٩) الحركة الدائريّة * هي نوع من الحركة المركّبة وتحصل من فعل قوّتين احداهما تجذب الجسم نحو نقطة معيّنة والاخرى

تباعدهُ عنها . وتُعرف القوة الاولى بقوة الجذب الى المركز والثانية بقوة التباعد عن المركز وهما تظهران جليًا في حركات الاجرام السماوية كما ترى: افرض ش الشمس (الشكل ٣٢) و ب الارض قبالتها. فعلى فرض ان الباري تعالى دفع الارض لما خلقها فانها تتحرَّك الى الابد في خط مستقيم كالخط ب س حسب الناموس الاول من نواميس الحركة . ولكنَّ جاذبية الشمس تقاوم تلك الحركة فلا تأذن للارض في الافلات منها فتقع الارض تحت فعل قوَّتين احداهما قوة دفع الباري لها كما فرضنا فتذهب بها وحدها الى س ومن ثمَّ الى ما شاء الله . والاخرى جاذبيةَّ الشمس لها التي تجذبها من مكانها الى الشمس اي من ب الى جهة ش وهي القوة الجاذبة نحو المركز فتذهب الارض بينهما اي في جهة ب د . اما حركة الارض بالقوة المعبَّر عنها بخط ب د فمركبة من قوَّتين ب ف و د ف ولكن ب ف لاتضادُّ جاذبيَّة الشمس لكونها عمودية عليها فمضادَّتها لجاذبية الشمس يعبَّر عنها بخط د ف او ي ب. وهذه لابدَّ ان تساوي قوة جاذبية الشمس لها وتسمى القوة الاولى بقوة التباعد عن المركز والاخرى بقوة الجذب الى المركز وخط ب ي يدلُّ على كلتيهما . وسيرها يكون في خط منحنٍ لان جاذبية الشمس قوة دائمة الفعل تحنيها عن

خط مستقيم في كل لحيظةٍ حتى تتم الدائرة فلو بطلت قوة التباعد عن المركز لكانت القوّة الجاذبة اليهِ اي جاذبيّة الشمس تجذب الارض اليها . ولو بطلت قوّة الجاذبة الى المركز لفرّت الارض بقوّة التباعد عنهُ وتاهت في فضاء هذا الكون

وامثلة ذلك كثيرة المشاهدة . فاذا دار حجر الرحى بسرعة شديدة تطاير الماء عن جوانبهِ لان القوة الدافعة للماء تغلب على جاذبية الالتصاق التي بينهُ وبين الحجر فتبعدهُ عنهُ . وقد تُدار هذه الحجار بسرعة عظيمة جدًّا في بعض الاماكن حتى تتغلّب القوة الدافعة على جاذبيّة الملاصقة التي بين دقائقها فتتمزّق متطايرة اربًا اربًا * واذا رُبط دلوٌ ملآنٌ ماء بحبل وأُدير بسرعة لم يسقط الماء منهُ مع انهُ ينقلب بدورانهِ الى فوق (الشكل ٢٥) حتى لا يبقى مانع من انصباب الماء منهُ بجاذبية الارض وذلك لان القوة الدافعة عن المركز تتغلّب على جاذبية الارض للماء فلا ينصبُّ من الدلو . واما اذا ابطأ دوران الدلو فضعفت القوة الدافعة انصبَّ الماء حالاً * واذا رُبطت اسفنجة بخيط ثم بُلّت بماء وأُديرت بسرعة فالماء يتطاير منها الى كل الجهات لان القوة الدافعة تزداد حتى تتغلب على جاذبية الالتصاق التي بين الاسفنجة والماء . وعلى هذا الاسلوب يجفّف الافرنج الثياب المغسولة بوضعها في آلات وادارتها بسرعة فيُعصر الماء منها بالقوة الدافعة . وقيل انهُ اذا أُديرت

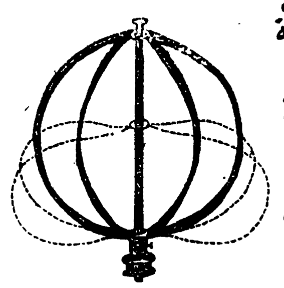


الشكل ٢٤

الثياب الخفيفة الفاً وخمس مئة دورة في الدقيقة ونُشرت في الشمس بضع دقائق تجفُّ مهما كانت مبلَّلة * اذا ركض الحصان بسرعة في دائرة انحنى الى داخل الدائرة ليقاوم القوة الدافعة عن المركز

(٨٠) إهليلجيَّة الارض * قد تبيَّن (عد ٧٩) انهُ حيثما وُجد جسمٌ يدور فلا بد من وجود القوَّة الدافعة عن المركز هناك وانهُ بقدر ما يسرع في دورانهِ يزيد فعلها . ولما كانت الارض سريعة الدوران جدًّا فالقوَّة الدافعة عنها عظيمة جدًّا ايضًا . ولولا جاذبيَّة الثقل التي تضادُّها فتجذب كل ما على الارض نحو مركزها لفرَّ الكلُّ عنها الى جوف هذا الكون الواسع * ثم ان القوة الدافعة تزيد في النواحي الاستوائيَّة عما هي في النواحي القطبيَّة لسبب سرعة الاجزاء الاستوائيَّة وبطوء الاجزاء القطبيَّة في دورة الارض اليوميَّة . فبهذه الزيادة تخفُّ الاجسام على خط الاستواء $\frac{١}{٢٨٩}$ من وزنها على القطبين . وبها طُرد الماء من النواحي القطبيَّة الى النواحي الاستوائيَّة . وكبرت الارض وانتفخت من النواحي الاستوائيَّة وتسطَّحت من ناحيتي القطبين فصارت اهليلجيَّة الشكل كالبرتقالة المنتفخة من وسطها والمنضغطة من مغرز عرقها وما يقابلهُ[1] فلو ابطأت الارض في دورانها لعاد

(١) المظنون ان الارض كانت قديمًا ذائبة مائعة وانها لسبب دورانها على محورها انتفخت من وسطها وتسطحت من قطبيها فصار شكلها اهليلجيًّا . وقد قيس قطرها من قطب


الشكل ٣٥

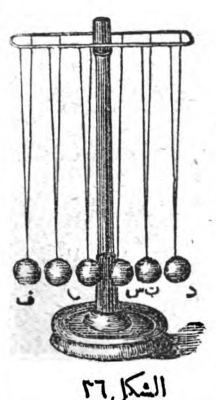
الماء الى النواحي القطبية وجعل كروية الارض اتمّ مما هي عليهِ الآن * ويتضح تسطح الارض بقوة التباعد عن المركز من التجربة الآتية: ترى في الشكل ٣٥ صورة سيرَين معدنيَّين مرنَين مصنوعَين على شكل اطارَين متَّصلين ومثقوبين بحيث يدخل ثقباهما في المحور وينزلان ويصعدان فيهِ. فاذا أُدير المحور فدار الإطاران ينزلان وكلما ازدادت سرعة الدوران تسطَّحا من ناحيتَي الثقبين واتسعا من وسطيهما كما في الشكل المارّ وسبب ذلك قوة التباعد عن المركز كما هو ظاهر

(٨١) الناموس الثالث * ان الفعل يساوي الانفعال ويعاكسهُ. يراد بالفعل تأثير الشيء في شيء آخر وبالانفعال او ردّ الفعل رجوع ذلك التأثير وهما متعاكسان ومتساويان كما يتضح من الامثلة الآتية

ان الطائر اذا طار ضرب الهواء بجناحيهِ الى الاسفل فيردُّ الهواء له مثل ذلك فيحمله. ففعل الطائر هو ضغطه الهواء الى اسفل وردّ فعل الهواء هو ردُّه ذلك الضغط الى جناحي الطائر ورفعهُ اياهُ الى الاعلى. وكذلك الملاَّح اذا اراد تسيير قاربهِ فانهُ يضرب الشاطئ بمِلجهِ فيردُّ لهُ الشاطئ فعلهُ ويدفع قاربهُ

الى قطب ومن نقطة في خط الاستواء الى اخرى تقابلها فكان الاول اقصر من الثاني بستة وعشرين ميلاً

في الماء والسابح يضرب الماء برجليهِ فيردّ لهُ الماء فعلهُ ويدفعهُ الى الامام . واذا أُريد اطلاق الرصاصة من البارودة يُشعل البارود فيكبر حجمهُ ويدفع الرصاصة الى جهة والبارودة الى جهة أُخرى بزخمٍ واحد . واما الرصاصة فتكون سرعتها اعظم من سرعة البارودة وتأثيرها اشدّ لانها اخفّ من البارودة فيؤثر فعل البارود فيها اكثر مما يؤثر ردّ فعلهِ في البارودة ولذلك يُخشى الخطر من اطلاق الغدّارات او الطبنجات لانها تكون خفيفة فتندفع بردّ الفعل اندفاعًا شديدًا وتلطم مَن يطلقها وربما آذتهُ . وكلما ثقلت الاسلحة قلّ خطر لطمتها. واذا قفز رجل من القارب فالقارب يبعد عن الشاطئ بردّ الفعل اذا لم يحترس الرجل لمنع ذلك . واذا قفز عن الارض دفعها عنهُ برجليهِ فتردّ لهُ الفعل وتدفعهُ عنها . فهو يبعد الارض والارض تبعدهُ بزخمٍ واحدٍ ولكنّ سرعتهُ في الابتعاد عنها اعظم من سرعتها في الابتعاد عنهُ بقدر ما هو اخفّ منها . ولما كان اخفّ منها كثيرًا جدًّا كان ابتعادها عنهُ قليلاً جدًّا فلا يظهر الاّ ابتعادهُ عنها . واذا اراد ان يقفز عن ارض ليّنة لم يقدر لانها تلين تحت رجليهِ فلا تردّ فعلهُ واما اذا قفز عن لوحٍ على زُنبرُك فيقفز كثيرًا لانهُ يردّ لهُ الفعل حالاً . والناس يمشون على الارض بردّ الفعل منها اليهم فكل خطوة يخطوها الانسان يهزّ بها الارض



الشكل ٣٦

(٨٢) ويتضح الانفعال من الكرات في الشكل ٣٦ . فهذه الكرات مصنوعة من العاج بحجمٍ واحد ومعلّقة بعضها بجانب بعض بحيث يسهل عليها الخطران . فاذا رُفعت الكرة د ثم تُركت تصدم الكرة ب فهذه تسكّنها بردّ الفعل اليها وتوصل الحركة

التي اكتسبتها منها الى س وهذه الى ر وهلمّ جرًّا حتى تتصل الحركة بالفعل وردّ الفعل الى ف فتردُّ ف الفعل وتسكّن التي قبلها وتبعد هي عنها بقدر ما أُبعدت د عن ب اوّلاً الاَّ ما خسرتهُ بالاحتكاك . واذا رُفع الكرتان د و ب معًا ثم تُركتا حتى تصدما س تسكنان ويرتفع كرتان ايضًا من الجانب الآخر . واذا رُفع كرتان من الجانب الواحد وكرةٌ من الجانب الآخر فعند المصادمة ترتفع كرتان على الجانب الواحد وكرة على الآخر بعكس ما كان قبل المصادمة وذلك لان الكرتين غب نزولهما ترسلان قوة او زخم كرتين الى الطرف الآخر واما الكرة الواحدة في الطرف الآخر فغب نزولها ترسل زخم كرة واحدة الى الطرف الاول فترتفع كرة واحدة في الطرف الاول واثنتان في الطرف الثاني . فمن التجارب على هذه الآلة نحقق ناموسين من النواميس الطبيعيَّة للاجسام اولها ان القوَّة تفعل في جسمٍ بمرورها في كل دقائق الجسم واجزائهِ كما رأيت في هذه الاجسام المماسة والامر ظاهر انهُ لافرق بين ان تكون متماسّة او ملتصقةً جسمًا واحدًا . وثانيهما ان القوَّة تفعل كمقدارها اي اذا ازدادت يزداد فعلها وبالعكس . ثم لو فرضنا اننا علّقنا كرةً بدل التي على الطرف الايسر ثقلها مضاعف ثقلها ورفعنا الكرة على الطرف الايمن

المساوية للتي كانت قبلاً وتركناها لتصدم صف الكرات لحظنا ان الكرة الاخيرة المضاعفة الثقل تنصّف سرعتها ومن ذلك نتحقّق ايضاً ان السرعة تقلّ كازدياد المادّة اذا بقيت القوّة على حالها كما اشرنا الى ذلك عند الكلام على آلة أتود

(٨٣) الحركة المنعكسة * هي الحركة التي يحدثها ردّ الفعل من سطحٍ اذا صادمهُ جسمٌ مرنٌ . فاذا فُرِض ن ب ي ح في الشكل ٢٧ حائطاً قد صادمهُ جسمٌ مرنٌ آتياً في جهة ا ب انعكس ذلك الجسم راجعاً في جهة ب س . فاذا رُسم على ب خطٌّ عمودي كالخط ب د فهذا يقسم الزاوية ا ب س التي تحدث من وقوع الجسم وانعكاسهِ الى زاويتين متساويتين احداهما ا ب د وتسمَّى زاوية الوقوع والاخرى د ب س وتسمى زاوية الانعكاس . ومن ذلك هذا الناموس وهو ان زاوية الوقوع تساوي زاوية الانعكاس في الاجسام التامة المرونة

الشكل ٢٧

(٨٤) الحركة المنحنية * اذا فعلت بجسمٍ قوّتان منقطعتان او اكثر فنتيجتها خط مستقيم واما اذا كانت احداهما منقطعة والاخرى متصلة فنتيجتهما خط منحنٍ . كما يُشاهد في الحجر اذا رُمي

فانهُ يسير بقوتين احداهما منقطعة وهي التي رمتهُ بها اليد والاخرى متصلة وهي جاذبية الثقل ولذلك ينزل في خط منحنٍ ما لم يرمَ في خط سمتي فانهُ ينزل في خط مستقيم

وكذلك اذا اطلقت قنبلة من المدفع ا (الشكل ٢٨) حتى تصل في ثلاث ثوانٍ الى د فان جاذبية الارض تجذبها في آخر الثانية الاولى الى بَ وفي آخر الثانية الى جَ وفي آخر الثالثة الى دَ فتذهب في الخط المنحني ا بَ جَ دَ وليس في الخط المستقيم ا ب ج د

(٨٥) الحركة الدائمة * لايمكن الانسان ان يصطنع آلةَ دائمة الحركة لانهُ لايمكنهُ ان يصطنع آلةً تحدث القوَّة من ذاتها كما يحدث الانسان القوَّة من ذاتهِ . فلا تقدر آلة ان تعمل عملًا ما لم تفعل بها اولاَ قوَّة خارجة عنها. وعدا ذلك لاتخلو آلة من الاحتكاك الذي من شأنهِ ابطال الحركة (عد ٦٧) . فلهذين الامرين لا يقدر الانسان ان يصنع آلة دائمة الحركة كما خلقهُ الباري تعالى دائم الحركة . وقد حاول كثيرون عمل آلات دائمة الحركة طمعًا بمنافعها فخابت مساعيهم

الشكل ٢٨

(٨٦) مسائل للتمرين * (١) اذا رميت رصاصة على وجه لوح واقف على جنبهِ ترميهِ واما اذا اطلقت عليهِ من بارودة فتثقبهُ بدون ان تزحزحهُ فما سبب ذلك . (٢) اذا فُتح الباب بعض الفتح وأُطلقت عليهِ قنبلة مدفع فقد تنفذهُ بدون ان تغلقهُ فما سبب ذلك . (٣) لماذا ينزل حديد القدوم في عصاهُ اذا

دقفت طرف العصا . (٤) اذا كنت في قطار (قابور الحديد) يسير بسرعة ٣٠ ميلاً في الساعة ووقف بك بغتةً فبكم من القوّة تنقذف عنهُ الى الامام . (٥) اذا رُميَت كرةٌ عن رأس برجٍ عالٍ وقعت شرقيّ الخط العمودي قليلاً فما سبب ذلك . (٦) سقط حجر عن رأس السارية والسفينة مسافرة ففي اي خطٍ يقع . (٧) ادّعى صاحب كارّة على صاحب مركبة بأنهُ عطل كارّتهُ بمصادمة عربتهِ لها وملخّص دعواهُ ان سائق المركبة كان يحثّ السوق جدًّا فلما اصطدمت مركبتهُ بكارّتهِ سقط صاحب المركبة الى الامام على موطئِ قدميهِ . فلم تُتم دعواهُ عند الفحص اذ تبيّن من تقريرهِ انهُ هو الذي كان يحثّ السّوق لا صاحب المركبة . فكيف تبيّن ذلك . (٨) وُضع مدفع في آخر قطار مسافر بسرعة ٣٠ ميلاً في الساعة وحُكّم على موازاة طريق القطار والى الجهة المعاكسة لجهة سيرهِ فاذا أُطلقت منهُ قنبلة بسرعة مسير القطار فاين تقع. الجواب . حيث أُطلق المدفع تمامًا. وذلك لانها اكتسبت سرعة استمرار القطار المساوية لسرعتها تمامًا ضدّ جهة سرعتها فلاشتها حتى صارت صفرًا . (٩) شرع انسان يقفز وهو على ظهر سفينة سريعة الجري أتكون قفزتهُ اكبر اذا قفز في جهة جري السفينة او في عكس تلك الجهة. (١٠) لماذا تكون قفزة الراكض اكبر من قفزة الواقف . (١١) اذا سقط حجر عن رأس السارية والسفينة متحركة فهل يسقط في المكان الذي يسقط فيهِ لو كانت السفينة ساكنةً . (١٢) اذا لعب جماعة بالطابة على ظهر سفينة تقطع ٣٠ ميلاً في الساعة فهل يلعبون بها كما يلعبون على سطح الارض من حيث رميها وتلقفها . (١٣) قلنا ان الفعل يساوي الانفعال فلماذا لا يخشى خطر لطمة البارودة كما يخشى خطر الرصاصة . (١٤) اذا اردت ان تقفز من مركبة جارية بسرعة فهل تقفز الى نفس البقعة التي تريد النزول اليها . (١٥) اذا اردنا ان نقوّس عصفورًا طائرًا فهل نضبط البارودة عليهِ تمامًا . (١٦) اين تكون القوّة الدافعة عن المركز على اقلها على سطح الارض . (١٧) ما هو الدليل على ان الارض كانت

قديمًا ذائبة . (١٨) ان السكك الحديدية يكون جانب منها اعلى من الجانب الآخر حيث تنعطف من ناحية الى اخرى . فما الغرض من ذلك . (١٩) على اي مبدإٍ يرمى الحجر بالمقلاع . (٢٠) لماذا تتطاير الاوحال عن دواليب المركبات وهي جارية . (٢١) ان نهر مسيسبي يقرب الى مركز الارض ٢ ١/٢ ميل اكثر من مصبهِ فصبّهُ ارفع من نبعهِ بميلين وثلث ميل وكأنّ ماءهُ يجري صاعدًا لا نازلاً خلافًا لناموس جاذبيّة الثقل فما سبب هذا الخلاف . الجواب . لانهُ مرتفع عن مصبهِ باعتبار سطح الارض لا باعتبار مركزها . (٢٢) هل تنفقس البيضة بالفعل او بالانفعال عند صدمها للحجر . (٢٣) سقط رجل من محلّ عالٍ فقال ان علوّ السقطة لم يضرّني بل سرعة السكون هي التي اضرّتني فهل قولهُ صحيح . (٢٤) اذا نطح ولدٌ ولدًا آخر فايهما يتألم اكثر من الآخر واذا صدم شخصٌ شخصًا آخر فايهما يكون تأثرهُ بالصدمة اشدّ . (٢٥) وهل تختلف شدّة الصدمة اذا اصطدم الشخصان وهما راكضان في جهتين متقابلتين . (٢٦) لماذا لا يمكن ان تُطلق رصاصة حول جبل . (٢٧) لماذا تكون لطمة البارودة اضعف من لطمة الفرد . (٢٨) سحب رجلٌ قاربًا صغيرًا وهو على ظهر سفينة كبيرة فكم تقدّمت السفينة لملاقاة القارب . (٢٩) رُبط خيط بأحد طرفيهِ فحمل ٢٧ رطلاً عُلّقت بطرفهِ الآخر فاذا حُلّت الارطال عنهُ وامسك رجلان بطرفيهِ فكم يشدّ كلٌّ منهما حتى ينقطع الخيط . (٣٠) اذا وقف الانسان على اصابعهِ في الميزان فهل يخفّ ثقلهُ عمّا اذا وقف على رجليهِ . (٣١) اذا أُدير فم مدفع الى سمت الراس وأُطلقت منهُ قنبلة والهواء هادىءٌ فاين تنزل القنبلة . (٣٢) صدمت باخرة محمولها اربعة آلاف قنطار وسرعتها ١٠ اقدام في الثانية صخرًا تحت الماء فبأيّ زخمٍ صدمتهُ



الباب الرابع

في مبادئ الميكانيكيات

تمهيد

(٨٧) الميكانيكيات فنٌّ يبحث فيهِ عن الآلات . والآلة هي كل ما ينقل تأثير القوّة من عامل الى معمول بهِ . وتسمى القوّة التي تحرّك الآلة محرّكًا . فاذا قصصت تفاحة بسكين مثلاً فقوّة يدك التي تحرّك السكين هي المحرّك والسكين التي تنقل عمل يدك الى التفاحة هي الآلة * واذا جرّ حصانٌ مركبةً فالحصان هو المحرّك والمركبة التي تستخدمها قوّة الحصان لنقل الاثقال هي الآلة * واذا ادارت الريح مطحنةً او ادار الماء دولابًا او سيّر البخار سفينةً فالريح والماء والبخار محرّكات والمطحنة والدولاب والسفينة آلات

فاتضح مما تقدّم أن الآلة لا تقضي عملاً من الاعمال الاّ اذا عملت بها قوّة خارجة عنها لان الآلة لا تقدر ان تُحدث قوّة من نفسها ولا ان تزيد قوة على

القوة المحرّكة لها . ومع ذلك فلا يُستغنى عنها لانهُ بواسطتها تُستخدَم القوة بحيث تفعل ما لا تستطيع فعلهُ بدونها . ألا ترى ان الفاعل يقلب بالعَتَلَة (المخل) صخورًا لا يكاد يزحزحها بدونها مع ان قوَّتهُ هي هي في كلا الحالين . هذا فضلاً عن اننا نستعين بالآلات على استخدام القوات الطبيعيَّة كالريح والماء والبخار الخ . وتُقسم الآلات الى قسمين بسيطة ومركَّبة فالبسيطة ستة وهي العَتَلة وتُعرف بالمخل والدولاب والسطح المائل واللولب ويُعرف بالبرغي ايضًا والسفين والبكرة . والمركَّبة تشمل اكثر الآلات وهي ما تركَّب من البسيطة . وكل الآلات تردُّ الى اثنتين المخل والسطح المائل

واعلم انهُ يعتبر في عمل كل آلة بسيطة امران القوَّة التي تحركها والثِقَل الذي يرتفع بها . ولا بدَّ لرفع الثقل من ان تفعل القوة بقدر ما يفعل الثقل ولذلك اذا رفع الانسان بالبكرة ثقلاً عظيمًا بقوَّة قليلة اقتضى لهُ وقت اطول مما كان يقتضي لو رفعهُ بقوة عظيمة لان ما يربحهُ بالبكرة من جهة القوة يخسرهُ من جهة الوقت[1] فلا بدَّ ان يكون عمل القوَّة مساويًا لعمل الثقل طبقًا لناموس

(1) من الاقوال المشهورة في المخل قول ارخميدس وهو : اعطوني داركًا ومخلاً طويلاً وانا الكفيل بزحزحة الارض ونقلها من مكانها . وقد حسبوا انهُ لو جعل ارخميدس داركهُ نقطة مركز الثقل للارض والقمر معًا (وهي على نحو ٣٠٠٠ ميل من مركز الارض) لكان طرف الساعد الذي يحركهُ ارخميدس من ساعدَي المخل يقع بين النجوم الثوابت على بعد نحو خمسة عشر الف الف الف الف الف الف ميل . فلو اراد ارخميدس ان ينقل الارض من مكانها قدمًا واحدة فقط لاقتضى لهُ ان يحرّك المخل سبعة وعشرين الف الف الف الف سنة وذلك على فرض انهُ يحركهُ بسرعة القنبلة المنطلقة من المدفع . لانهُ لا يربح من القوة ما لم يخسر من الوقت

الميكانيكيات الآتي وهو: اذا ضُربت القوّة في البين الذي تتحرّك فيهِ فحاصلها يعدل حاصل الثقل في البين الذي يتحرّك فيهِ. مثالهُ اذا تحرّكت قوّة تساوي رطلًا واحدًا في بين ١٠ اقدام فذلك يعدل ثقل عشرة ارطال تتحرّك في بين قدمٍ واحدة اي ان ١ ط × ١٠ = ١٠ ط × ١ واذ قد انتهينا من هذا التمهيد نشرع في الكلام على الآلات البسيطة بالتفصيل

م

الفصل الاول

في المخل وتوابعهِ

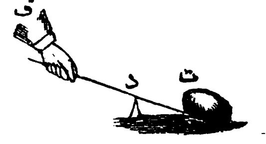
(٨٨) المخل * هو قضيبٌ من الحديد او نحوهِ يتحرّك على نقطةٍ تسمّى داركاً ويُعتبر فيهِ خمسة امور القوّة التي تحرّكهُ ويدلّ عليها في ما يأتي الحرف (ق) والثِقَل الذي يتحرّك بهِ ويدلّ عليهِ (ث) والدارك الذي يتحرك هو عليهِ ويدلّ عليهِ (د) وساعداهُ وهما الجزءان الواقعان على جانبي الدارك

الشكل ٣٩

(٨٩) انواع المخل * انواع المخل ثلاثة. الاوّل ما وقعت فيهِ القوّة على طرفٍ والثقل على آخر والدارك بينهما (الشكل ٣٩) والثاني ما وقعت فيهِ القوّة على طرف والدارك على آخر والثقل بينهما والثالث ما وقع فيهِ الثقل على طرف والدارك على آخر

والقوّة بينهما

(٩٠) النوع الاوّل من المخل *



الشكل ٤٠

اذا اردنا ان نرفع حجرًا نضع تحتهُ راس المخل ثم نضع تحت المخل حجرًا د (الشكل ٤٠) ونشدُّ على طرف المخل عند ق . وهكذا يُسحب الماء بالطلمبا فان قوّة اليد ق والماء المسحوب ث والمحور الذي تدور يد الطلمبا عليهِ د . ومثل الطلمبا المقصُّ فانهُ مخل مزدوج من هذا النوع تحسب الاصابع فيهِ ق ومسمارهُ د والشيء المراد قصهُّ ث

(٩١) النوع الثاني من المخل * يمكن ان يرفَع الحجر ايضًا بمخلٍ من النوع الثاني كما في الشكل ٤١ حيث فُرض ان راس المخل قد أُدخل تحت الحجر وأُسند الى الارض فتكون الارض تحت

الشكل ٤١

راسهِ د والحجر على ما يلي راسهُ ث وقوّة اليد ق ومن هذا النوع مجذاف السفينة فان اليد ق والسفينة ث وتُحسَب واقعة بين القوّة والدارك د حيث طرف المجذاف على الماء

(٩٢) النوع الثالث من المخل * هو ما وقعت فيهِ القوّة بين

الثقل و الدارك كقصبة الصيّاد فان الصائد اذا مسكها بيديهِ تكون اليد القريبة الى راسها ق والبعيدة عنهُ د والسمكة ث .
وكالملقط فان كلاًّ من شعبتيهِ مخلاًّ من هذا النوع فيهِ ق شدُّ اليد و د وراءها مكان اتصال الشعبتين معًا و ث ما بقي من الشعبة.



الشكل ٤٢

وكالآلة المرسومة في الشكل ٤٢ فانها تُدار بضغط الرّجل على الخشبة ا ب س فطرفها س المرتكز على الارض هو د وضغط الرجْل ق وهي تنتقل على القضيب الى مكبّ الخيطان الذي هو ث

(٩٢) ناموس الموازنة في المخل * يتوازن المخل اذا كان

ساعدهُ المعلّق بهِ الثقل موازنًا لساعدهِ الفاعلة بهِ القوّة وحينئذٍ يكون طول البين الذي يتحرّك فيهِ الثقل او القوّة وقصرهُ بالنسبة الى طول ساعد كلٍّ منهما وقصرهِ . مثال ذلك : اذا فُرض ان ب ق بُعد القوّة عن د و ب ث بُعد الثقل عن د . فان كان طول ب ق مضاعف طول ب ث تتحرّك القوّة في بينٍ يعدل مضاعف البين الذي يتحرّك الثقل فيهِ . وحسب ناموس الميكانيكيّات المتقدّم ذكرهُ يكون ق X ب ق = ث X ب ث وبحلّ هذه المعادلة الى نسبةٍ اي بجعل احد جانبيها طرفين والجانب الآخر وسطين لنا

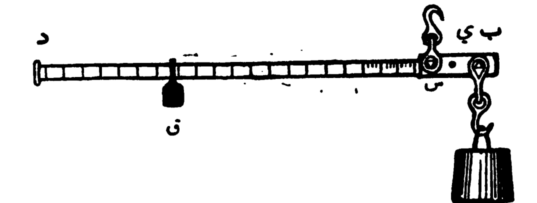
ق : ث :: ب ث : ب ق

تنبيه. ان النسبة المذكورة يكون فيها خلل قليل اذا لم يكن الدارك في الوسط كالميزان مع فرض المخل من ثخن واحد وكثافة واحدة بداعي ان ساعدَي المخل غير متساويين طولاً فيميل الساعد الطويل القوّة فتختلّ عن الموازنة بمقتضى النسبة . وتصحّح النسبة باضافة نصف ثقل المخل الى كل من الثقل والقوّة فيها . اذا جعلنا ١/٢ ثَ يدلّ على نصف ثقل المخل تكون النسبة هكذا ق + ١/٢ ثَ : ث + ١/٢ ثَ :: ب ث : ب ق كما يبرهن ذلك في المطوّلات

ثم انهُ في النوع الثاني من المخل يكون البين الذي يتحرّك الثقل فيهِ اقصر من البين الذي تتحرّك القوّة فيهِ لان الثقل اقرب من القوّة الى الدارك . وفي النوع الاوّل يحتمل ان يكون بين الثقل اقصر من بين القوّة او اطول منهُ ولكن المعتاد ان يكون اقصر. وفي النوع الثالث يكون بين القوة اقصر من بين

الثقل . فلذلك يربح العامل قوةً ويخسر وقتًا في النوع الأوّل والنوع الثاني ويخسر قوة ويربح وقتًا في النوع الثالث حسب النسبة المتقدّمة

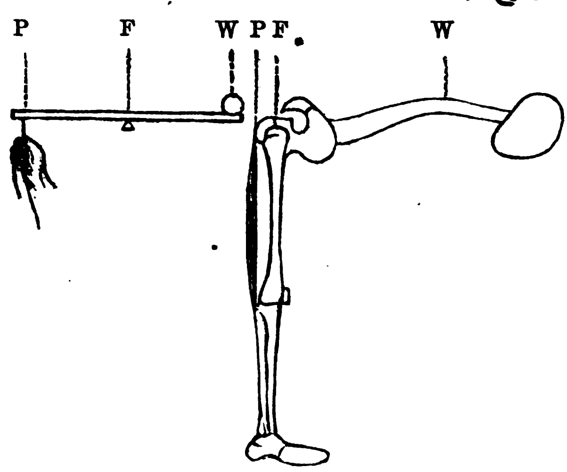
(٩٤) القبّان * هو مخلٌ من النوع الاول وتكون القوّة فيهِ عند ق والثقل عند ث والدارك عند س بينهما (الشكل ٤٣) فاذا كان البعد بين س وب قيراطًا واحدًا وبين س وق اثني عشر قيراطًا فحينئذٍ اذا تعلّق رطلٌ عند ق وازن ١٢ رطلًا عند ث حسب النسبة المذكورة آنفًا . واذا كان عند ى صنّارة اخرى مثل س وعُلّق القبّان بها فحينئذٍ يصير الدارك عند ى . فاذا فرض بُعد هذا الدارك عن ث رُبع بُعد الدارك س عن ث فالرطل الواحد عند ق يوازن ٤٨ رطلًا عند ث . وعلى ذلك قسموا قضيب القبّان الى درجات توافق هذَين الوضعَين وجعلوا الدرجات الموافقة للوضعِ الواحد على جانبٍ منهُ والموافقة للوضع الآخر على جانبٍ آخر



الشكل ٤٣

(٩٥) الميزان * الميزان آلةٌ لمعرفة ثقل الاجسام وهو من النوع الأوّل من المخل بحسب العبار فيهِ قوةً والموزون ثقلًا او بالعكس والدارك بينهما عند

المسمار الذي تنزل الكفّتان او تصعدان عليهِ . ويُضبط الميزان بجعل ساعدَيهِ متساويين تمامًا في الطول والثقل وجعل كفّتيهِ متساويتين ايضًا حتى اذا كانتا فارغتين يكون ساعداهُ موازيين لسطح الافق . فاذا نقصهُ شرط من هذه الشروط وقع فيهِ الخلل وكان من موازين الغش . الاّ انهُ قد يُستعمل الوزن الصحيح بميزان الغش وذلك بأن نضع الموزون في كفةٍ ورملاً او حصًى او ما اشبه في الكفّة الاخرى حتى يتوازنا تمامًا . ثم تبدل الموزون بعيارات توازن الرمل او الحصى فيُعرف ثقل الموزون منها . وللميزان انواع كثيرة على المبدإ المتقدّم وسيأتي ذكر نوع منها (عد ٩٧)



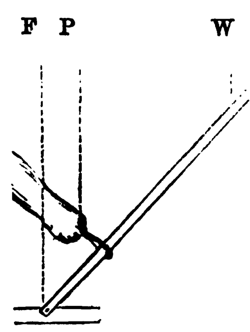
الشكل ٤٤(١)

(٩٦) اعضاء الانسان اخال * ان كثيرًا من اعضاء الانسان يتحرك على مبدإ المخل فاذا اراد الانسان ان ينتصب بعد الانحناء مثلاً انتصب على مبدإ النوع الاوّل وكانت ق عضلات الفخذ ود راس الفخذ وث الجذع كما في الشكل ٤٤ . واذا اراد ان يفتح فمهُ فتحهُ على مبدإ النوع الثاني وكانت ق

---

(١) P القوة . F الدارك . W الثقل في هذين الشكلين ٤٤ و ٤٥

العضلات التي يخفض بها الفك السفلي وث عمل العضلات التي تطبق الفم
ود المفصل بين الصدغ والفك . واذا قبض ساعده على عضده قبضة على
مبدإ النوع الثالث فان عضلة قوية من عضلات ذراعه تندغم في الساعد على
بعد نحو قيراطين من المفصل المرفقي . ومن هذا المفصل الى مركز الكف نحو



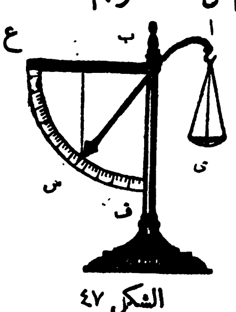


الشكل ٤٥

ثلاثة عشر قيراطًا فنحسب العضلة ق (الشكل ٤٥) والمفصل المرفقي د
واليد وما يُحمل بها ث .ولذلك يكون ث X ١٢ = ق X ٢ حسبما مرّ في
ناموس الموازنة (عد ٩٢) ثم ان ١٢ قيراطًا تساوي ست مرّات ونصف مرّة
قيراطين فلا ترفع هذه العضلة رطلاً من الثقل الا بقوة ستة ارطال ونصف
وذلك خسارة في القوة ولكنه ربح في الوقت (عد ٩٢) . ولما كان مطلوب
البشر السرعة في الاعمال جعلت العناية الالهية ايديهم موافقة لمطلوبهم

(٩٧) المخل المحني * هو
ما ليس ساعداهُ في خط واحد
مستقيم كالشاكوش اذا استُعمل لقلع
المسامير على ما ترى في الشكل
٤٦ . ويُحسب طول ساعديهِ
الخطّين المستقيمين اللذين يرسمان من الدارك الى

الشكل ٤٦

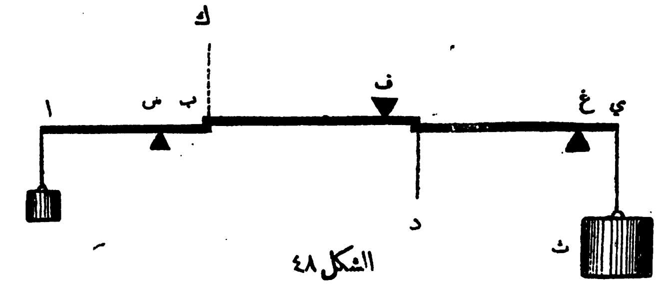


الشكل ٤٧

مقابلة كلٍّ من الثقل والقوة

ويستعمل المخل المنحني في بعض انواع الميزان ايضًا كما ترى في الشكل ٤٧ فان ا ب س مخل منحنٍ طرفهُ س متقَّل بثقلٍ ثابت . وهذا المخل يدور على الدارك ب الذي هو مسمار في العمود ب ف فيتحرَّك طرفهُ س على الربع المقسَّم ف غ المتصل بالمحور . واما طرفهُ الآخر ا فتعلَّق بهِ الكفَّة ى . فاذا أُريد الوزن بهِ يوضع الموزون في ى فيُعرف ثقلهُ من موقع س على درجات الربع المقسَّمة على عبارات معروفة

(٩٨) المخل المركَّب * هو ما تركَّب من عدَّة امخال على شكل ان ساعد الواحد الاقصر يفعل بساعد الثاني الاطول وهلمَّ جرًّا الى الاخير كما ترى في الشكل ٤٨ . فاذا كان بُعد ا عن الدارك س اربعة اضعاف بعد ب عنهُ فقوَّة خمسة ارطال عند ا ترفع ثقل ٣٠ رطلًا عند ب واذا كان ساعدا ب د وهو المخل الثاني من المخل المركَّب مناسبين لساعدَي المخل الاوَّل في الطول فقوَّة

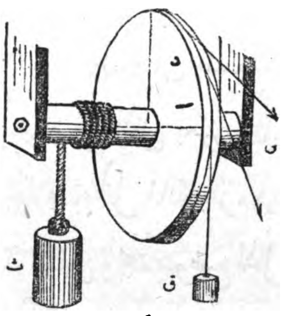


الشكل ٤٨

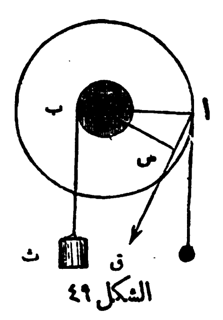
٣٠ رطلًا عند ب ترفع ٨٠ رطلًا عند د وكذلك قوَّة ٨٠ رطلًا عند دَ في المخل الثالث د ى ترفع ٣٢٠ رطلًا عند ى .

فبالمخل المركَّب ترفع قوة خمسة ارطال ٣٢٠ رطلاً من الثقل. غير انهُ اذا أُريد رفع هذا الثقل قدماً واحدة لزم ان تهبط القوَّة ٦٤ قدماً. ويصحُّ ان يستعمل المخل البسيط اذا كان طويل الساعدَين عوضاً عن المخل المركَّب ولكن المركَّب يفضَّل عليهِ لانهُ اخفُّ منهُ ثقلاً واسهل استعمالاً. ويستخدم لوزن البضائع عند اصحاب الارتال ونحوها

(٤٩) الدولاب والجزع * الجزع في اصطلاح هذا الفن اسطوانة داخلة في وسط الدولاب ومتحدة بهِ اتحاداً محكماً وكلاهما يدور على خط مستقيم يمرُّ بمركزَي قاعدتي الجزع ويسمى المحور. وهما ضربٌ من المخل. مثال ذلك خنزيرة البير التي يسحب الدلو



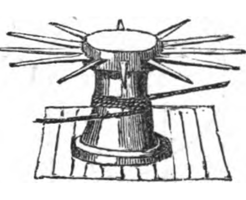
الشكل ٥٠



الشكل ٤٩

عليها ففيها تفعل القوة بواسطة مقبض الخنزيرة ويحسب الدلو ثقلاً والمحور داركاً. وطول اليد من المقبض الى محور الخنزيرة ساعد المخل الاطول ونصف قطر الجزع ساعدهُ الاقصر وليس فيها

دولاب بل يعتبر مقبض الخنزيرة دولابًا والخنزيرة جزعًا . ويظهر الدولاب والجزع جليًّا من الشكل ٤٩ وهو صورة مقطوعهما عرضًا فالحرف د يدلُّ على الدارك ود ا على الساعد الاطول ود ب على الساعد الاقصر وث على الثقل وق على القوة .وهذه صورة الدولاب والجزع كاملةً (الشكل ٥٠) فترى الثقل ث ملتفًّا فيها على الجزع والقوَّة ق مدلاةً عن جانب الدولاب.واما الشكل ٥١ فيدلُّ على الآلة التي تُرفع بها مرساة السفينة من البحر . وذلك بادارة الجزع بواسطة القضبان الناتئة منهُ فيلتفُّ الزنجير عليهِ واما الشكل ٥٢ فصورة آلة تستعمل غالبًا لنقل الابنية ويديرها حصان

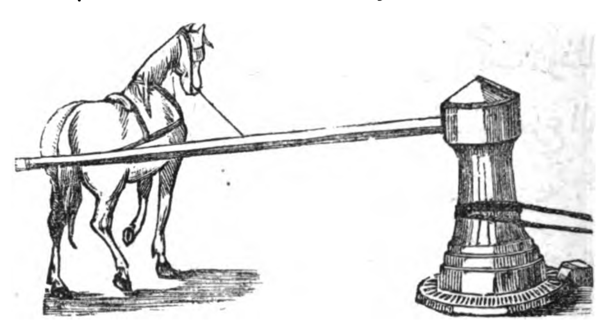


الشكل ٥١

(١٠٠) واعلم ان للدولاب والجزع مزيَّة على المخل بكون عملها مستمرًا بخلاف المخل فانهُ يلزم فيهِ ان يُسند الثقل ويجدَّد وضع المخل كل قليلٍ كما يشاهد في قلع الصخور ونحوها فيكون عملهُ متقطعًا . ولذلك يسمى الدولاب والجزع ايضًا المخل الدائم العمل

(١٠١) ناموس الموازنة في الدولاب والجزع * كلما ادرنا الدولاب دورةً يلتف الحبل حول الجزع لفةً ويرتفع الثقل بقدر

طول تلك اللفة . فحسب ناموس الحركة وهو ان الزخم = المادة



الشكل ٥٣

X السرعة ولكون زخم القوة يقتضي ان يساوي زخم الثقل لكي يتوازنا ومحيط الدولاب هو سرعة القوة ومحيط الجزع سرعة الثقل لنا القوة X محيط الدولاب = الثقل X محيط الجزع . ولما كان محيط الدائرة الواحدة الى محيط الدائرة الاخرى كنصف قطر تلك الدائرة الى نصف قطر هذه[1] فلنا

ق : ث :: نصف قطر الجزع : نصف قطر الدولاب

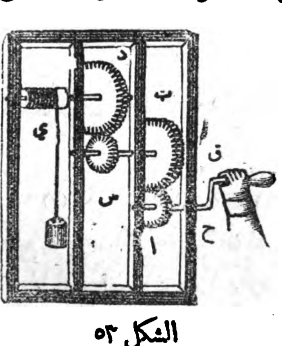
فاذا كان نصف قطر الجزع ٦ قراريط ونصف قطر الدولاب ٢٤ قيراطًا فالثقل اربعة اضعاف القوة

---

(١) محيط الدائرة هو الخط المستدير الذي يرسم حولها . ومركزها هو نقطة في وسطها جميع الخطوط الخارجة منها الى المحيط متساوية . وقطرها هو كل خط يرسم من جانب من محيطها الى جانب آخر مارًّا بمركزها . ونصف قطرها هو نصف ذلك الخط مرسومًا من المركز الى المحيط . فبقدر ما يطول نصف قطر الدائرة يتسع محيطها

(١٠٣) الدولاب المركّب هو ما تركّب من عدّة دواليب وجزوع تفعل بعضها ببعض على مبدإ المخل المركّب . وذلك بأن تكون الدواليب والجزوع مسنّنة فتدير اسنان جزع الدولاب الواحد اسنان الدولاب الآخر فيدور هو وجزعهُ . ثم تدير اسنان جزع هذا اسنان دولابٍ آخر فتديرهُ هو وجزعهُ ايضًا وهلمّ جرًّا حتى يتصل فعل القوّة الى الثقل

تستعمل الدواليب نفسها لادارة بعضها البعض ايضًا كما ترى في الشكل ٥٣ . فتسمى التي توصل الحركة الى المحيط مثل ا وس السائقة والاخرى مثل ب ود المسوقة وتحسب اليد ق ح من الدواليب المسوقة والجزع ى من السائقة . فاذا كان ق ح ١٢ قيراطًا ونصف قطر الدولاب السائق ا قيراطين وفعل الانسان بقوة رطل واحد تصير القوة على الدولاب ب ٦ ارطال . واذا فُرض نصف قطر الدولاب السائق س قيراطين ايضًا ونصف قطر المسوق ب ١٢ قيراطًا تصير القوة التي كانت ٦ ارطال على ب ٣٦ رطلاً على د وتوازن ثقل ٢١٦ رطلاً على الجزع ى الذي نصف قطرهِ قيراطان . اي ان قوة رطل واحد توازن ثقل ٢١٦ رطلاً الاّ ان هذا الثقل لا يتحرّك الاّ ١/٢١٦ من المسافة التي تتحرّك فيها القوة . فما نربحهُ بالدولاب المركّب من رفع ثقلٍ عظيم بقوة صغيرة يعادل ما نخسرهُ من الوقت على رفع ذلك الثقل . واذا اردنا العجلة زدنا القوة وجعلناها تفعل بالجزع عكس ما تقدّم كما هو شائع في المعامل حيث يدور دولاب الماء او غيرهُ بزخمٍ شديد



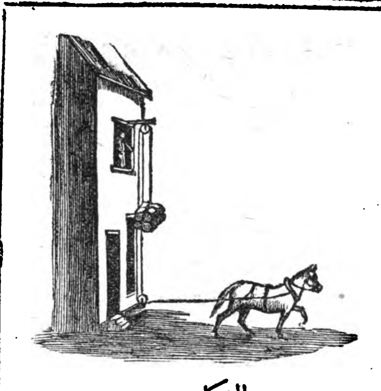
الشكل ٥٣

فيدير بقوتهِ العظيمة غيره من الدواليب والمغازل بسرعة شديدة

(١٠٢) البكرة * البكرة ضربٌ من المخل يدور على محور ثابت هو داركهُ وهي عبارة عن دولاب في حرفهِ محزٌّ ينزل فيهِ الحبل او نحوهُ. وفائدتها تظهر مما يأتي . اذا اردنا ان نوصل القوَّة من محلّ الى آخر بالآلات فعلنا ذلك اما بالدفع او بالسحب . امّا الدفع فتستخدَم لهُ الاجسام الصلبة كالمخل واما السحب فتستخدَم لهُ الاجسام اللينة كالحبال والاوتار والخيوط ونحوها . ويمتاز السحب على الدفع بانهُ مع ايصالهِ القوة كالدفع يمكن فيهِ تغيير جهتها كما في البكرة الثابتة المفردة (الشكل ٥٤) فهذه مخل من النوع الاوَّل متساوي الساعدَين. فلا يُربح بها قوَّةٌ ولا سرعةٌ لان اليد ق تسحب نازلاً بقدر صعود الثقل ث وكلاهما يتحرك بسرعة واحدة ولكنها مع ذلك كبيرة الفائدة كما يتضح من رفع الرايات من على الارض الى رؤُوس السواري مثلاً. فلولاها لالتزم البحري او غيرهُ ان يخاطر بنفسهِ الى راس السارية لرفع الراية . واذا وُضعت بكرتان ثابتتان كما

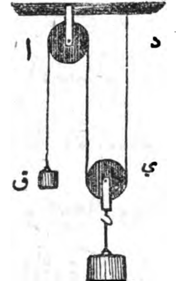
ا ث ق

الشكل ٥٤


الشكل ٥٥

في الشكل ٥٥ ولفّ حولها حبلٌ ثم رُبط ثقلٌ بأحد طرفيهِ وحصان بطرفهِ الآخر وسيق الحصان ارتفع الثقل بقوة الحصان عن الارض الى العلو المراد

(١٠٤) البكرة المتحرّكة * تستعمل البكرة ايضاً متحرّكةً وهي التي ترتفع على الخيط فيرتفع الثقل معها وتكون اما مفردة او مركبة . فمثال المفردة الشكل ٥٦ حيث ا بكرة ثابتة وى المعلّق الثقل بها بكرة متحركة . ولا يخفى ان نصف الثقل معلّق بالخيط د ى والنصف الآخر تحملهُ القوة ق بالخيط ا ى . فالقوة اذًا توازن الثقل في البكرة المتحركة المفردة اذا ساوت نصفهُ فقط ولكن يكون البين الذي تتحرّك فيهِ مضاعف البين الذي يتحرّك فيهِ الثقل وذلك لا اشكال فيهِ . اي أنّا نربح بها قوةً ونخسر وقتًا



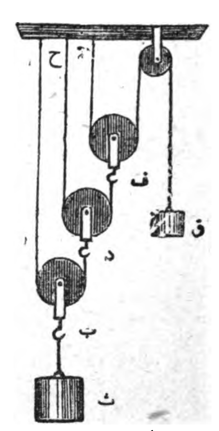
الشكل ٥٦

ولزيادة ايضاح ذلك نقول ان ا (الشكل ٥٧) في البكرة بمنزلة الدارك في المخل ور بمنزلة الثقل فاعلاً في جهة الخط ور وب القوة . فهذه البكرة من النوع الثاني من المخل ويصدق عليها ما قيل عنهُ . ولما كان الثقل

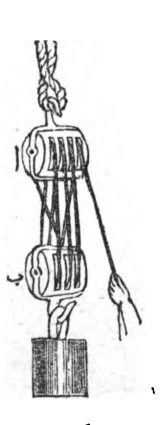
فيها واقعًا في منتصف البعد بين الدارك والقوة تحصل الموازنة اذا ساوت القوَّة نصف الثقل

الشكل ٥٧

(١٠٥) البكرة المركبة * اذا نظرت الى الشكل ٥٨ وجدت ان الثقل معلَّق بخيوط على عدَّة بكرات مركبة معًا فالبكرة ف تحمل ثقلًا بقدر مضاعف القوَّة ق (عد ١٠٤) والبكرة د تحمل ثقلًا مضاعف ما تحملهُ ف كذلك والبكرة ب مضاعف د. فتكون



الشكل ٥٨



الشكل ٥٩

القوَّة في نظام هذه البكرات موازنة لثقل اكبر منها بثمانية اضعاف. فقوة رطل واحد توازن ثقل ثمانية ارطال ولكنها لا ترفع الثقل قيراطًا واحدًا حتى تنزل ثمانية قراريط على ما علمت * وتركَّب البكرات على هيئات اخرى منها الشكل ٥٩ وهو يدلُّ على

البكرات المستعملة عند العاملين بالآلات

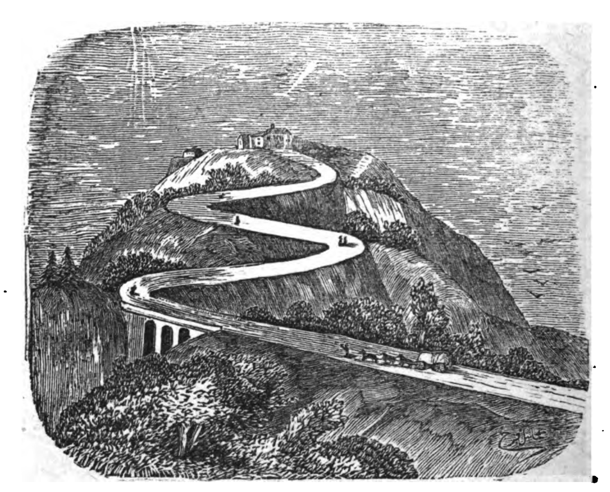
(١٠٦) ناموس الموازنة في البكرة * في كل نظام من نظامات البكرة يفقد نصف القوّة تقريبًا بالاحتكاك فلا يؤدي المرام واكثر النظامات المستعملة يكون الثقل فيها مساويًا للقوة مضروبةً في مضاعف عدد البكرات المتحركة

م

الفصل الثاني

في السطح المائل وتوابعهِ

(١٠٧) السطح المائل * اذا اردنا ان نرفع حملاً ثقيلاً الى مركبة او حجرًا ثقيلاً على ظهر جمل ولم نقدر على رفعهِ لثقلهِ نصل بين المركبة او ظهر الجمل والارض بخشبة مائلة ثم نقلب الحمل او الحجر عليها حتى يصل الى العربة او ظهر الجمل. فسطح الخشبة هذا يسمى سطحًا مائلاً. واذا اردنا ان نصعد من الارض الى عليّة



الشكل ٦٠

نصل بينها بسلّمٍ فالسلّم سطح مائل وانما درجها واسطة لتسهيل الصعود عليها. ومثل ذلك اذا صعدت المركبات او الدواب في الجبال فانها تدور في الغالب على سطح مائل كما ترى في الشكل ٦٠

قيل ان في اميركا الجنوبية طريقًا مصنوعة على سطح مائل طولها ستة اميال وتمتدّ من كالاو الى ليما في علوّ ٥١١ قدمًا . وهي من اطول السطوح المائلة في الارض واتقنها

(١٠٨) ناموس الموازنة في السطح المائل . اذا فرضنا ق في الشكل ٦١ القوّة ون الثقل موضوعًا على عجلةٍ وس بكرة ينسحب الثقل عليها وا س سطحًا مائلًا فالقوّة لا ترفع الثقل الى علوّ ب س ما لم

الشكل ٦١

تهبط في مسافة تساوي ا س . وحسب ناموس الميكانيكيّات ق X طول السطح المائل = ث X علو السطح المائل. فبحلّ ذلك الى نسبةٍ يكون

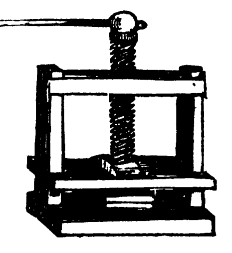
ق : ث :: علو السطح المائل : طولهِ

فاذا اردنا ان ندحرج حجرًا ثقلهُ ٢٠٠ اقة الى ظهر جملٍ علوّهُ ٣ اقدام عن الارض على سطح مائل طولهُ ١٢ قدمًا لزم لنا قوّة ٥٠ اقّة اي ربع الثقل فقط لان القوّة : ٢٠٠ اقّة :: ٣ اقدام

: ١٢ قدمًا فالقوَّة = ٥٠ اقَّة . فكأنَّا بدحرجة الحجر على السطح المائل خفَّفنا ثقلهُ حتى صار ربع ما كان . ولكنَّ ما نكسبهُ من تخفيف الثقل نخسرهُ في قضاء الوقت لاننا ندحرج الحجر على السطح المائل مسافة ١٢ قدمًا ولو رفعناهُ دفعةً واحدةً لرفعناهُ مسافة ٣ اقدام اي ربع تلك المسافة فقط * واذا جرَّ حصان مركبةً في طريق طالعة وكان كلما سار في الطريق ١٠٠ قدم يرتفع قدمًا واحدة في العلوّ فلا يبذل من القوَّة على جرّ المركبة الَّا ما يساوي $\frac{1}{100}$ من ثقلها . هذا عدا ما يقتضيهِ الاحتكاك * واذا تدحرج جسمٌ من شاهقٍ الى الارض على سطح مائل يكون معدَّل سرعتهِ عند وصولهِ الى آخر السطح المائل اي التي يكتسبها بالاستمرار في آخر السطح يساوي معدَّل سرعة الجاذبية عند وصولهِ الى الارض لو هبط من الشاهق الى الارض في خطٍ عمودي

ان في جوار بحيرة لوسرن بسويسرا غابةً من شجر السنديان على راس جبل شامخ من جبال الپا يصعد اليها الناس ويقطعون شجرها ثم يزحلقونهُ فينزل مسافة ثمانية اميال في ثماني دقائق ويسير في قناةٍ من الخشب الى الماء فتتعاظم سرعتهُ جدًّا في نزولهِ حتى يُسمع لهُ صوت كالرعد القاصف واذا اتفق ان شجرة افلتت من القناة تحطَّمت كل تحطُّم

(١٠٩) اللولب * اللولب ويُعرف بالبرغي ايضاً آلة مركبة من اسطوانة وسطح مائل ملتفٌ حولها وتُعرف الاسطوانة بالجسم والسطح المائل بالخيط (الشكل ٦٢) ويدخل اللولب في جوزة ذات خيوط معاكسة لخيوطهِ بحيث تدخل خيوطهُ في خيوطها فندورُ هي عليهِ او يدور هو عليها . وتفعلِ القوَّة بهِ او بها حسبما يتفق بمفتاح او مخل . وهو كثير الاستعمال في المعاصر لعصر الزيتون والتفاح والعنب وبزر الكتان وقصب السكَّر ونحوها . ولطبع المكاتيب في المطابع وسكّ النقود وما شاكل . وفي الملازم . وفي رفع الابنية وغير ذلك



الشكل ٦٢

(١١٠) ناموس الموازنة في اللولب * اذا فعلت القوَّة بطرف مخل لولبٍ رسمت دائرة نصف قطرها طول المخل ومحيطها البين الذي تدور فيهِ القوَّة ورفعت الثقل في كل دورة بقدر البعد بين خيطٍ وآخر من خيوط اللولب . فبحسب ناموس الميكانيكيَّات ق × محيط الدائرة = ث × البعد بين خيطٍ وآخر . اي ان

ق : ث :: البعد بين خيطين : المحيط

وعلى ذلك تزداد قوَّة اللولب اما بتطويل المخل او بتقليل البعد بين الخيوط



الشكل ٦٣

(١١١) السفين * السفين آلة ذات سطحين مائلين يلتقيان في خطٍ (الشكل ٦٣) ويستعمَل لشقّ الحطب وقلع الصخور ورفع السفن لاجل اصلاحها وغير ذلك . وعلى مبدإِهِ تستعمل الآلات الثاقبة والقاطعة كالابر والمسامير والمواسي ونحوها

(١١٢) ناموس الموازنة في السفين * هو كناموس الموازنة في السطح المائل اي

ق : ث :: سمك السفين : طولهِ

ولكن هذا الناموس لا يصدق عملًا فان قوَّة السفين اعظم جدًّا مما يقتضيهِ . لان الاحتكاك الذي ينقّص قوة السطح المائل وغيرهِ من الآلات الميكانيكيَّة يزيد السفين قوَّةً ولولاهُ لكان السفين يرتدُّ من موضعهِ بعد كل ضربة فيذهب تعب الضارب سدًى . وايضًا لان القوة الفاعلة بغير السفين من الآلات الميكانيكيَّة هي قوة ثابتة على حالٍ واحدة واما القوة الفاعلة

بالسفين فهي ضربات متقطعة تساوي زخم المطرقة الطارقة عليهِ

الخاتمة * ان ما تقدّم عن الآلات الميكانيكيّة يصدق عليها نظرًا لا عملًا وذلك لاننا كنّا نعتبر المخل مثلًا عديم الثقل والواقع ان له ثقلًا ينبغي الالتفات اليهِ عند التحقيق في الحساب . وكنا نفرض المخل وغيرهُ من الآلات تامّة القساوة لا تلين ولا تنضغط وحبال البكرات وخيوطها تامّة الليونة لا يقتضي ليّها ادنى قوّة . وكنّا نقطع النظر عن الاحتكاك فحسبهُ غير موجود والصحيح ان هذه كلها موجودة ويقتضي الالتفات اليها عملًا * هذا ومع ان الغرض من الآلات الميكانيكيّة رفع الاثقال فلا يبحث في هذا الفن عن القوّة اللازمة لرفع الثقل بل عن القوّة اللازمة لموازنتهِ كما تقدّم وذلك لانهُ متى حصلت الموازنة فاقلّ زيادة على القوة ترفع الثقل فتنبّه

(١١٢) مسائل للتمرين * (١) لماذا يصحّ ان يسمى مجذاف القارب مخلًا وكذلك الباب . والسقاطة . والرفش . والمجرفة . والمقصّ . والمجرد . والملقط . والميزان . والمنكلة (الشكل ٦٤) ومِكسر الجوز والبندق ونحوهما . والمعوَل اذا تحركت معهُ الذراع من الكتف . (٢) اذا مسكت بطرف السلّم ونصبتهُ على الحائط فكيف تبيّن انك تنتقل برفعهِ من النوع الثاني الى النوع الثالث من المخل . (٣) لماذا يزيد ألم القرص بشعبتي الملقط قرب ملتقاها عن ألم القرص بها قرب طرفيها . (٤) اراد رجلان ان يحملا ٢٥٠ اقة من الحرير بعودٍ على كتفيهما طولهُ عشر اقدام فاين يعلّقان الحرير حتى يحمل احدهما ٥٠ اقة فقط . (٥) عندنا مخل من النوع الاوّل طولهُ ست اقدام ومرادنا ان نجعل قوة رطل واحد توازن عليهِ ٣٢ رطلًا من الثقل فاين نضع دارتهُ . (٦) اراد زيدٌ ان

الشكل ٦٤

برفع صندوقًا على دولاب قطر جزعهِ قدم وطول يدهِ ٣ اقدام فما القوَّة لذلك . (٧) اذا وازن ثقل ٣٠٠ اقة قوّة مئة اوقية على دولاب قطرهُ ٦ اقدام فكم يكون قطر جزعهِ . (٨) كم بكرة متحركة ترفع ٣٠٠ رطل من الثقل بقوَّة ٣٥ رطلاً . (٩) كم رطلاً من الثقل يرتفع بمئة رطل من القوَّة على نظام مؤلف من اربع بكرات متحركة وبكرة ثابتة لتغيير جهة القوة . (١٠) كم من الثقل يرتفع بقوة حصان[1] واحد تسحب بنظام من البكرات كالنظام المرسوم في الشكل ٥٩. (١١) رفع زيدٌ ٣٠٠ اقة بقوة ٣٥ رطلاً على لولبٍ طول يدهِ ٣ اقدام فكم كان البعد بين خيوطهِ . (١٢) وازنت قوة ١٢ رطلاً ٩٦ رطلاً على سطح مائل طولهُ ١٦ قدمًا فكم كان علوّهُ . الجواب (عدد ١٠٨) ١٢×١٦÷٩٦ = علو السطح اذًا علوّ السطح = ٢ (١٣) اراد عمرٌو ان يرفع حجرًا ثقلهُ ٨٤ رطلاً الى ظهر جملهِ على ارتفاع اربع اقدام عن سطح الارض وقوة عمرو ٢٤ رطلاً فقط فكم يجب ان يكون طول العارضة التي يُدحرج الحجر عليها . (١٤) عندنا قوّة ١٠٠ رطل ولولبٌ طول يدهِ اربع اقدام والبعد بين كل خيطين من خيوطهِ ثلاثة ارباع القيراط فكم من الثقل يرتفع بها . (١٥) طول قبان من صنارة الدارك الى الطرف الذي تصل اليهِ القوّة قدمان وبُعد صنارة الدارك عن صنارة الثقل قيراطان والقوة عليهِ رطل فالى كم من الارطال يوزن عليهِ (انظر عد ٩٤) . (١٦) كيف يمكن ان يستعمل الرفش في حفر الاراضي على مبدإ كل نوع من انواع المخل الثلاثة . (١٧) لماذا لا يصنع ملقط الحدّاد والملقط الاعتيادي على مبدإ واحد . (١٨) طول مخل من النوع الثالث ١٢ قدمًا وبعد ث عن د ٣ اقدام وق ٥٠ رطلاً فكم رطلاً من الثقل توازن عليهِ . (١٩) طول مخل من النوع الأوّل ١٢ قدمًا وبعد د عن ث ٣ اقدام وق ٥٠

(١) قوّة الحصان الواحد في الميكانيكيات تساوي قوة ترفع ٣٣٠٠٠ ليبرا اي نحو ٦٠ قنطارًا قدمًا واحدة في دقيقة واحدة بدون معونة الآلات

رطلاً فكم رطلاً من الثقل توازن عليهِ . (٣٠) عندنا دولاب وجزع فاذا كانت ق = ٤٠ رطلاً وث = ٢٤٠ رطلاً وقطر الجزع = ٨ قراريط فكم محيط الدولاب . (٣١) اذا فُرضت ق = ٣٠ رطلاً وث = ٢٤٠ رطلاً وقطر الدولاب = ٤ اقدام فكم محيط الجزع . (٣٢) قطر الجزع ١٠ قراريط وق ١٠٠ اوقية وث ١٣٠٠ اوقية فما قطر الدولاب . (٣٣) اي قوة تحمل ٢٧٨٠ رطلاً بست بكرات وخيط واحد يمرّ عليها كلها . (٣٤) كم بكرة متحركة تحمل ٤٣٠ رطلاً من الثقل اذا فُرضت القوة ٣١٠ ارطال

م



الباب الخامس

في ضغط السائلات

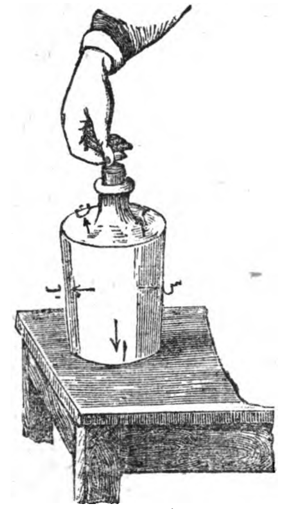
الفصل الاول

في الماء الساكن او الهيدرُوستاتك

(١١٤) الهيدروستاتِك لفظة مشتقَّة من اليونانيَّة معناها موازنة الماء . وهي فنٌّ يبحث فيهِ عن موازنة السائلات الساكنة وضغطها . ولما كان الماء اعظم السائلات مقدارًا كان ايسرها استعمالاً في التجارب الفلسفيَّة ولذلك يتخذ نائبًا عنها كلها

(١١٥) تساوي ضغط السائلات * اذا ضغطت السائلات اوصلت الضغط بالتساوي الى كل الجهات . ويسمى ذلك ناموس باسكال لان باسكال كشفهُ وهو اشهر نواميس السائلات. وبيانهُ ان دقائق السائلات سهلة الحركة بعضها على بعض فاذا ضغطتها قوَّة فلا احتكاك ينقصها بل تتصل بالتساوي الى الاعلى والاسفل وبقيَّة الجهات

والدليل عليهِ انهُ اذا ملأت قنينة ماء وسددتها بفلينة وضغطت الفلينة بقوة اوقية انتقل الضغط على دقائق الماء من دقيقة الى أُخرى . فاذا كانت مساحة الفلينة قيراطًا مربعًا فالضغط لكل قيراط مربع من القنينة عند ن (الشكل ٦٥) او ا او ب او س يساوي اوقية . ولذلك اذا كانت مساحة السطح الداخلي من القنينة مئة قيراط مربع فضغط الاوقية الواحدة للفلينة يصير مئة اوقية من القوة داخل القنينة فيكاد يكسرها



الشكل ٦٥

(١١٦) انتقال الضغط على السائلات * ان انتقال الضغط على السائلات قد يكون اتم من انتقالهِ على الجوامد كما يتضح مما ياتي: لتُدخل اسطوانة من الرصاص في انبوبة مستقيمة ا ب في الشكل ٦٦ وليجعل مدكّ في طرف الانبوبة فاذا حرّكت المدكّ ف ... و

قوةٌ عند و انتقل فعلها

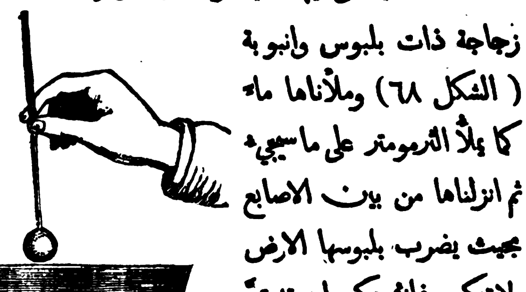
الشكل ٦٦

هنا الى ف بدون ان ينقص شيء منهُ. واما اذا أُدخلت اسطوانة منحنية من الرصاص في انبوبة منحنية كما في الشكل ٦٧ ثم أُدخل مدكٌّ في الاسطوانة وحرّكتهُ قوةٌ عند و فيذهب فعلها هذا في جهة السهم و ولا يصل منهُ الى ف الّا القليل . هنا في الجامد

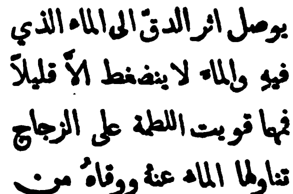
واما في السائل فاذا مُلئت الانبوبة المنحنية ماء ونُزعت اسطوانة الرصاص منها وحركت القوة المدك عند و ففعلها يتصل الى ف بدون ان ينقص شيء منهُ

الشكل ٦٧

ان البكرة وخيوطها والمخل وغيرهما من الآلات الميكانيكية يفقد فيها نحو نصف القوة بسبب الاحتكاك واما السائلات فلا ينقص فيها ما يُشعر بهِ من القوة ويتبيّن ذلك جليًّا مما اذا اخذنا زجاجة ذات بلبوس وانبوبة (الشكل ٦٨) وملأناها ماء كما يملأ الترمومتر على ما سيجيء ثم انزلناها من بين الاصابع بحيث يضرب بلبوسها الارض ولا تنكسر فانهُ يمكن ان تدقّ حينئذٍ بقوة عظيمة على سطحٍ مستوٍ ولا تنكسر لان الزجاج يوصل اثر الدقّ الى الماء الذي فيهِ والماء لا ينضغط الاَّ قليلاً فمهما قويت اللطمة على الزجاج تناولها الماء عنهُ ووقاهُ من الكسر وربما جعلهُ صلبًا كالحديد * ويتبين ذلك ايضًا مما اذا وُضعت نقطة روبرت (عد ٣٢) في قنينة ماء (الشكل ٦٩) ثم



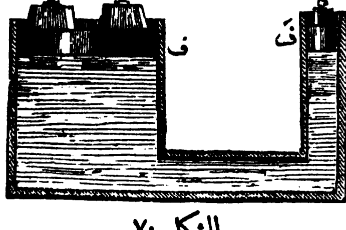
الشكل ٦٨



الشكل ٦٩

كُسر جزءٌ صغيرٌ من ذنبها فانها تتطاير اربًا كما سبق وتنتقل القوة التي تكسّرها بين دقائق الماء حتى تصل الى كل اجزاء القنينة فتكسّرها حالاً

(١١٧) الماء قوة ميكانيكية * خذ اسطوانتين احداهما ثخينة ف في الشكل ٧٠ والاخرى دقيقة فَ وصِل بينهما بانبوبة من الاسفل كما ترى وادخل في كلٍّ منهما مدكًّا. ولتكن مساحة فَ قيراطين ومساحة ف ١٠٠ قيراط . فبحسب ناموس باسكال (عد ١١٥) اذا ضغطت قوّة اوقية نازلاً قيراطًا مربعًا من فَ انضغط كل قيراط مربع من

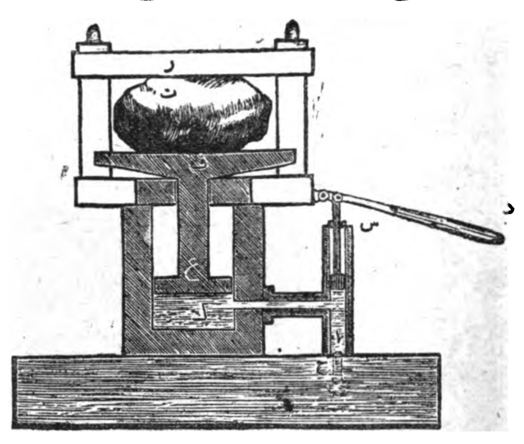


الشكل ٧٠

الانبوبة ف بقوة اوقيّة صاعدًا ولذلك اذا ضغطت قوة رطلين مدك الاسطوانة فَ رفعت ثقل ١٠٠ رطل على المدك ف . وكلما قلّ ثخن فَ وزاد ثخن ف ازداد الثقل الذي يرتفع بقوة مفروضة حتى انهُ يمكن لبنت صغيرة ان ترفع بثقل كفها بارجة كبيرة . ولذلك سموا الماء القوة السابعة من القوات الميكانيكية

(١١٨) المكبس المائيّ * المكبس المائيّ آلة عظيمة الضغط مبنيّة على ناموس باسكال وهذا مقطعها طولاً (الشكل ٧١) فالحرف ا انبوبة وس مدكٌ مُدخَل فيها ادخالاً محكمًا

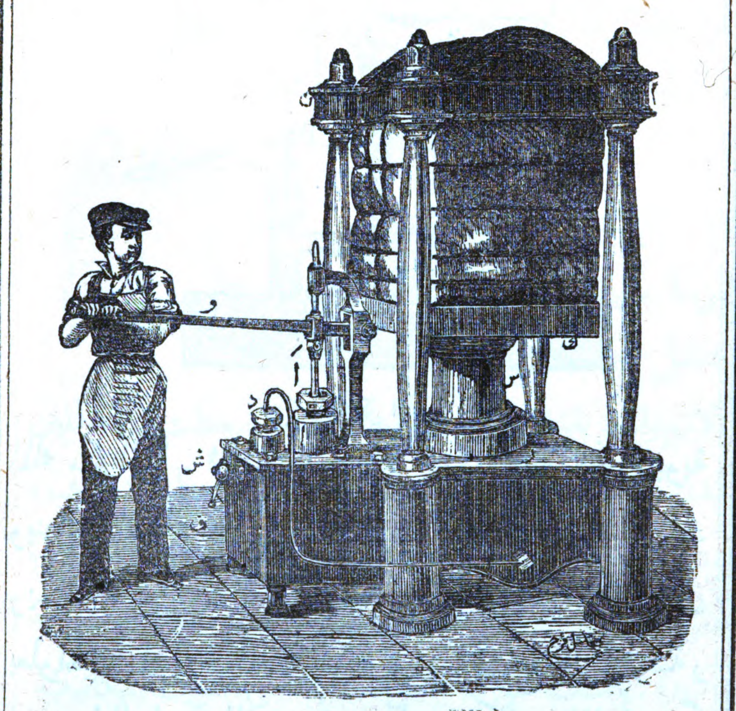
ومتصل باليد د . وح مصراعٌ ينفتح عند ارتفاع المدك في الانبوبة
وينطبق عند انزالهِ فيها . وتحت هذا المصراع حوض ماء . فاذا
رُفعت اليد د يرتفع المدك في الانبوبة وينفتح المصراع ح فيدخل



الشكل ٧١

الماء منهُ اليها . ثم اذا أُنزلت اليد ينزل المدك في الانبوبة
وينطبق المصراع ح على الماء فيجري من تحت المدك الى ك
ويستقرُّ تحت المدك الكبير ع ف . ويكرَّر العمل على ما تقدَّم حتى
يعلو الماء في ك تحت المدك الكبير ويرفعهُ فيرتفع نحو العارضة ر
ويضغط الثقل ت الذي بينهُ وبينها . فاذا كان هذا الثقل وزقاً
كُبس او زيتونًا او بزر كتان او غيرها عُصر او صوفًا تلبَّد وهلمَّ
جرًّا . وهذه صورة الآلة كاملة (الشكل ٧٢) وقد قبض رجل
بيدها فاذا شدَّها الى الاعلى ارتفع المدك آ في الانبوبة ا ثم

اذا انزلها انطبق المصراع الذي في اسفل ا وجرى الماء الى الاسطوانة د وسار منها في الانبوبة الى الحوض تحت المدك الكبير س ويجمَّع هناك حتى يرفع س فيرتفع هو رافعًا العارضة ك ويضغط الاثقال بين ك والعارضة العليا م ن



الشكل ٧٣

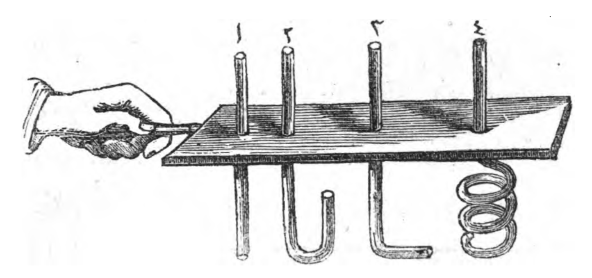
وتكون قوة ضغطهِ كما يأتي : اذا كانت مساحة المدك اَ قيراطًا ومساحة س ١٠٠ قيراط فقوة ١٠٠ رطل ترفع ١٠٠٠٠ رطل من الثقل . هذا اذا قطعنا النظر عن اليد واما اذا حُسبت اليد ايضًا فيزيد الضغط جدًّا لانها مخلٌ من النوع الثاني . فان كان بُعد مقبض الرجُل (من اليد) عن الدارك ١٠ اضعاف

بعد المدكّ عنهُ وحرّك اليد بقوة ١٠٠ رطل تصير قوة ١٠٠٠ رطل على المدك أ وقوة ١٠٠٠٠٠ رطل على المدك الكبير س . اي ان القنطار الواحد يرفع مئة الف قنطار . الّا انهُ بحسب ناموس الميكانيكيات يكون ق × ق د = ث × ث د فما نكسبهُ من القوة بهذه الآلة نخسرهُ في الوقت كما في باقي القوات الميكانيكية . ولذلك لا يرتفع الثقل الّا $\frac{1}{100000}$ من المسافة التي تنزل فيها اليد * وقد اخترع هذه الآلة رجل يقال لهُ أبرامه سنة ١٧٩٦ وهي كبيرة النفع في كل ما يلزم لهُ قوة عظيمة ككبس الورق والقش . وعصر الشمندر والتفاح والزيتون . وجذب السفن الى المياه . وامتحان متانة المدافع وخلاقين البخار والزناجير وما اشبه . قيل ان المكابس التي استعملت في رفع الانابيب في جسر بريطانيا كان كلٌّ منها يرفع ٢١٢٧٦٠٠ اقة وذلك لو استُعمل في رفع الماء في الفراغ لرفعهُ الى علوّ ستة اميال تقريبًا

(١١٩) ضغط السائلات بجاذبية الثقل * كان كلامنا في ما تقدَّم مقصورًا على ضغط السائلات من الاجسام الخارجة عنها واما الآن فيكون كلامنا في الضغط الذي يحصل لها من ثقلها هي: لا يخفى أَن اسافل الماء تحمل ثقل اعاليهِ فكل نقطةٍ من الماء الساكن واقعةٌ تحت ضغط عمود من النقط التي عليها وهي ايضًا تضغط الى كل الجهات بنفس القوة الضاغطة لها والّا تزيح من مكانها فيضطرب الماء ولا يسكن حتى يتساوى الضغط بين نقطهِ . وعلى ذلك قرّرت النواميس الآتية

(١٢٠) اولًا . كل سائل ساكن يضغط الاسفل والاعلى والجوانب بقوّة واحدة * وبيانهُ اذا غطّست انابيب مختلفة

الاشكال (الشكل ٧٣) في الماء صعد الماء فيها كلها على السواء الى مساواة سطحهِ الاصلي ويكون صعودهُ في الاولى بضغطهِ الى الاعلى وفي الثانية الى الاسفل وفي الثالثة بضغطهِ جانبًا وفي الرابعة بضغطهِ الى الجهات الثلاث المذكورة معًا



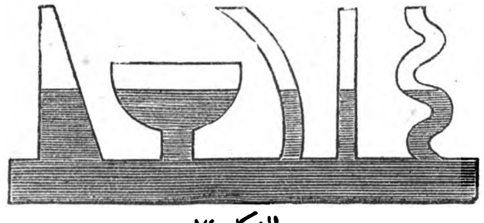
الشكل ٧٣

(١٣١) ثانيًا. الضغط يزيد بالعمق * فالضغط على عمق قدم يساوي ثقل قدم مكعبة من الماء اعني ٦٢½ ليبرا (٦٢،٥ من الليبرا تساوي رطلًا) وعلى عمق قدمين مضاعف ذلك وهلمَّ جرًّا (١) هذا في الماء العذب واما في الماء الملح فيزيد فان ثقل القدم المكعبة منهُ ٦٤،٣٧ من الليبرا * ويظهر تأثير هذا الضغط اذا اخذنا زجاجة فارغة مربعة الشكل وسددناها سدًّا محكمًا ثم غطسناها

(١) على عمق	ليبرات في القدم المربعة	وعلى عمق	ليبرات في القدم المربعة
١ قدم	٦٢،٥	١٠٠ قدم	٦٢٥٠
١٠ اقدام	٦٢٥،٠	١ ميل	٣٣٠٠٠٠
١٦ قدمًا	١٠٠٠،٠	٥ اميال	١٦٥٠٠٠٠

في الماء فانها تتكسر قبلما تبلغ عشر باعات من العمق لعظم الضغط عليها . ويقال ان الحوت الكرينلندي يغوص في الماء احيانًا الى عمق ميل فيصعد معيًى يبقُّ دمًا من عظم ضغط الماء لهُ . واذا غرقت سفينة يدخل الماء بين مسامها لعظم ضغطهِ لها فتثقل وتغوص في قرار البحر

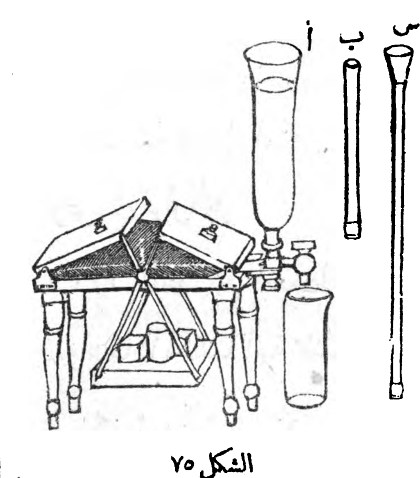
(۱۳۳) ثالثًا . ان الضغط لا يتوقف على شكل الوعاء ولا على حجمهِ * فاذا اخذنا آنيةً مختلفة الاشكال وركّبناها بعضها مع بعض بحيث يكون بينها اتصال كما ترى في الشكل ٧٤ فالماء يصعد فيها كلها على التساوي مهما اختلف شكلها وتباين حجمها . وكلما زيد الماء في واحدٍ منها صعد في الكل على التساوي



الشكل ٧٤

وعلى هذا الناموس صُنع المنفاخ المائي وهو اشكال منها الشكل ٧٥ وهو مؤلف من خشبتين متصلتين من حافتيهما بكرسي بواسطة مفصّلات وتحتها زقٌّ من المغيط متصل بالانبوبة ا . ونتصل بالخشبتين خشبة ثالثة تحت الكرسي بقضبان بينها وتوضع على هذه الخشبة اثقال . ثم يصبُّ الماء من الانبوبة ا حتى تمتلئَ هي والزقّ المتصل بها فينتفخ ويرفع الخشبتين اللتين عليهِ وهما ترفعان الخشبة التي تحت الكرسي بما عليها من الاثقال ولو كانت هذه الاثقال اعظم

كثيرًا من ثقل الماء في الانبوبة . ولا فرق في الانبوبة سواءٌ كانت غليظة ام دقيقة بشرط ان يكون طولها واحدًا . فاذا صبَّ الماء في الانبوبة ب عوضًا عن ا يرفع الاثقال بضغطهِ كما رفعها اولاً. واما اذا صبَّ في س فيرفعها اكثر من ذلك كثيرًا لان س اطول من ا و ب



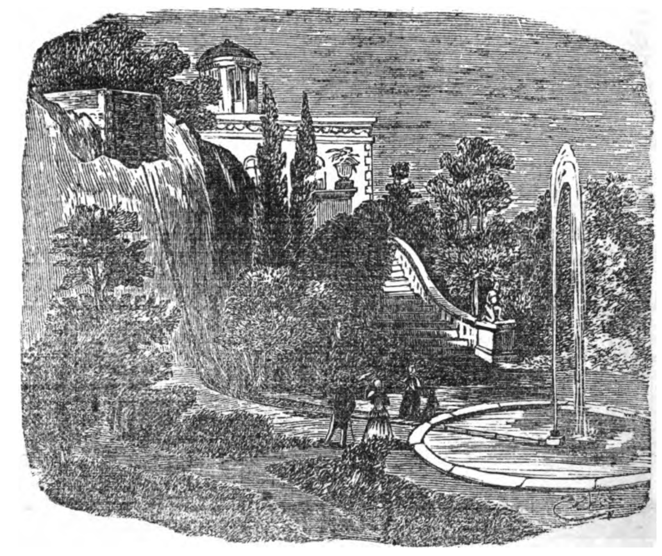
الشكل ٧٥

ومما نتضح بهِ صحة هذا الناموس ايضًا اننا اذا ادخلنا انبوبة طولها ٣٠ او ٤٠ قدمًا في برميل (الشكل ٧٦) وملأناها ماء الى راسها يتشقق البرميل ويجري الماء منهُ لان ضغط الماء لهُ يساوي ضغطهُ لبرميل ملآن طولهُ ثلاثون او اربعون قدمًا . اذ الضغط لا يتوقف على شكل الوعاء . فسواءٌ كانت الانبوبة دقيقة او ثخينة كالبرميل يكون الضغط فيها واحدًا

وعلى ذلك قد يفعل الضغط في الطبيعة افعالاً عظيمة فاذا وقع المطر على راس جبل ثم تخلل اتربتهُ ونفذ الى داخلهِ ولم يجد مصرفًا منهُ تجمَّع داخلهُ وازداد ضغطهُ حتى يفلق الجبل فتنشقق صخورهُ وربما اندكَّ الى اصولهِ

(١٢٣) رابعًا. الماء يطلب المساواة * ونعني بذلك ان سطحهُ يكون دائمًا على استواءٍ واحد اذا لم يمنعهُ مانع . ويظهر ذلك في العيون والماء المجرور من الحياض المرتفعة الشكل ٧٦

الى المدن فانهُ يرتفع حيثما تيسَّر لهُ حتى يكاد يبلغ مساواة مصدرهِ .



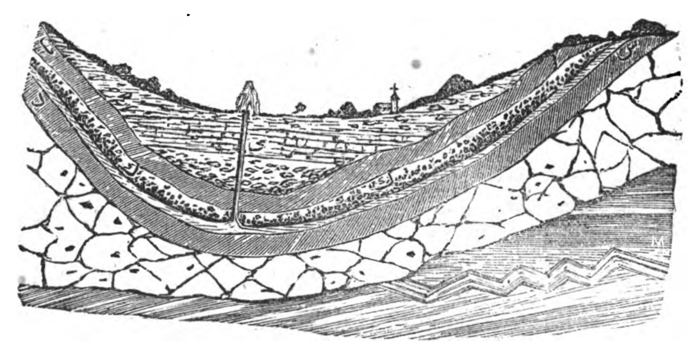
الشكل ٧٧

ترى صورة الحوض على راس تلٍّ عن اليسار وقد جرى الماء منهُ في انابيب تحت الارض الى النوفرة حيث صعد حتى صار على مساواة سطح الماء في الحوض الاَّ قليلاً . والسبب في عدم بلوغهِ سطح الماء في الحوض تماماً هو ان الاحتكاك يصدُّهُ وهو واثب من فم النوفرة فينقّص زخمهُ والهواء يقاومهُ ونقطهُ العالية تقع على النقط الواطئة فيقلُّ ارتفاعهُ بذلك

قيل ان الرومانيين كانوا يجهلون هذا الناموس لانهم كانوا اذا ارادوا جرَّ الماء من مكان الى آخر يصنعون لهُ اقنية من الحجر طول بعضها مئة ميل ويبنون لها القناطر العالية ليجرّوها فوق الاودية او يخرقون لها الجبال كما في

القناطر المعروفة بقناطر زبيدة على نهر بيروت والسرداب الذي بجانبها . وذلك يقتضي نفقة ومشقة لا يحتملها من يعرف هذا الناموس بل يمدّ الاقنية الى اسافل الاودية وقمم الجبال كما يفعل مهندسو هذه الايام . وربما علم المتقدمون هذا الناموس ولكنهم جهلوا عمل الانابيب المتينة التي تحتمل ضغط الماء ولا تتشقق فاضطروا الى فعل ما فعلوا

وعلى هذا الناموس يتجمع الماء في الينابيع والآبار . فان جاذبية الثقل تحدر ماء المطر من الاماكن المرتفعة الى اماكن اوطأ منها فيجري بعضهُ في الانهار والجداول ويصبُّ في البحر ويغور البعض الآخر في الارض متشعبًا في باطنها كما يتشعب على سطحها . فاذا حُفرت الارض عند هذه الشعب صعد الماء منها الى البئر او العين كما يصعد في النوفرة



الشكل ٧٨

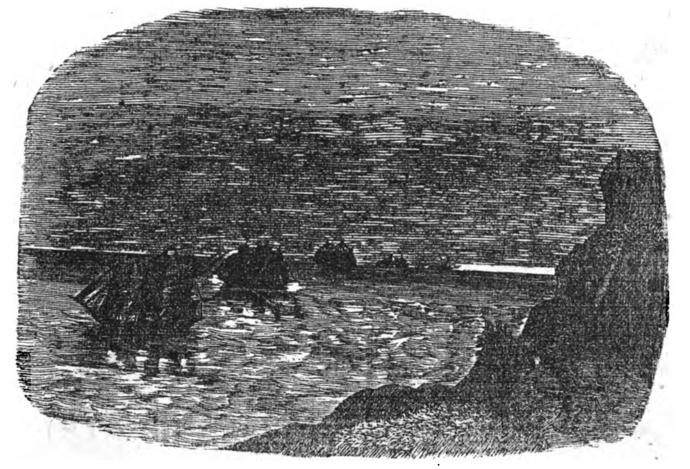
(١٢٤) الآبار الأرتوازية * الآبار الارتوازية ثقوب في الارض تثقبها آلة شبيهة باللولب قطرها قيراطان او ثلاثة حتى تصل الى نبع . وسميت ارتوازية نسبةً الى ولاية ارتواز حيث حُفرت منذ زمان ولكنها كانت معروفة عند المصريين والصينيين قبل ذلك بزمان طويل . ثم لا يخفى ان تربة الارض اما متخلخلة كالرمل والحصى فينفذها الماء . واما متماسكة كالدلغان فلا ينفذها الماء فلنفرض ا ب وس د في الشكل ٧٨ طبقتين منحنيتين من الاتربة الدلغانية وك

ك بينها طبقة من الرمل والحصى ونحوهما فبعد ما يقع المطر على قمم الجبال يتخلل الارض ويتجمع في حضيض الطبقة الغائرة س د . فاذا حفرت بير عند ه فلا تبلغ الطبقة المتخللة حتى يثب الماء صاعدًا فيها الى مساواة مصدرهِ وكثيرًا ما يشبُّ من الارض كالنوفرة لعظم الضغط على اسافلهِ من الجانبين * من اشهر هذه الآبار بيرٌ في كرانل قرب باريس عمقها ١٨٠٠ قدم ونيف وهي محفورة في غور طبقة من الطباشير تمدُّ امها لاً كثيرة من باريس وتصبُّ ١٠٠٠٠٠٠ جالون من الماء يوميًّا . ومنها في شيكاغو بالولايات المتحدة ما عمقهُ ٧٠٠ قدم ويصبُّ ١٢٥٠٠٠٠ جالون من الماء البارد يوميًّا . ومنها بير حفرت حديثًا في مدينة بست بالمجر عمقها ٣٦٠٠ قدم وهي اعمق بيرٍ في الارض وكانت تصبُّ ١٧٥٠٠٠٠ جالون من الماء الحارّ يوميًّا لما كان عمقها ٣١٢٠ قدمًا فقط. وقد حفروا آبارًا منها في صحراء افريقية واخرجوا ماء وغرسوا غيطانًا من النخل وحدائق وبساتين ولم يزالوا الى اليوم يوغلون في الصحراء ويستخرجون ماء من حيث لا يؤمَّل الماء

(١٢٥) قاعدتان لحساب الضغط * القاعدة الاولى لمعرفة الضغط على قعر الوعاء . وهي اضرب مساحة قاعدة الوعاء في ارتفاعهِ العمودي ثم اضرب الحاصل في ثقل قدم مكعَّبة من السيَّال الذي فيهِ فلك ضغطهُ على القعر * والثانية لمعرفة الضغط لجانب الوعاء وهي . اضرب مساحة الجانب في نصف ارتفاعهِ العمودي ثم اضرب الحاصل في ثقل قدم مكعبة من السيال الذي في الوعاء فلك ضغطهُ لذلك الجانب ويتحصَّل مما تقدَّم ان ضغط الماء لقعر وعاء مكعَّب الشكل يساوي ثقلهُ وضغطهُ لكل جانب من جوانبهِ يساوي نصف ثقلهِ. فضغطهُ لجوانبهِ الاربعة مضاعف

ثقلهِ وكل ضغطهِ للقعر وللجوانب الاربعة ثلاثة اضعاف ثقلهِ

(١٢٦) الفادن المائيُّ * سطح الماء الساكن مستوٍ اي انهُ اذا عُلّق حجر بخيط ودُلي اليهِ يقع عموديًّا عليهِ . ولكنهُ لا يُحسب



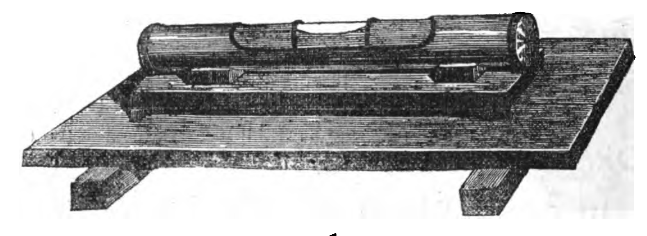
الشكل ٧٩

مستويًا الّا اذا كان في بقعٍ صغيرة فاذا اشغل بقعًا متسعة كماء البحر والبحيرات العظيمة (الشكل ٧٩) تحدَّب كتحدُّب سطح الارض لان سطح الارض كرويٌّ والماء يوافقهُ في التحدُّب لسهولة حركة دقائقهِ بعضها على بعض وجذبهِ بجاذبية الثقل نحو مركز الارض . ومقدار هذا التحدُّب ٨ قراريط في ميل واحد و٢×٨=٣٢ قيراطاً في

الشكل ٨٠

ميلين و ٣×٨=٧٢ في ثلاثة اميال و ٤×٨=١٢٨ قيراطاً في اربعة اميال وهلمّ جرًّا بترقية عدد الاميال الى القوّة المالية وضربهِ بعد ذلك في ٨ كما يبرهن في الهندسة

والفادن المائي أُنبوبة معدنيّة ذات طرفين ملتويين في كل منهما انبوبة من الزجاج . وهو كثير الاستعمال في فتح طرق العربات والسكك الحديديّة والترع ونحوها لمعرفة ارتفاع مكان عن آخر . وذلك بأَن توضع الانبوبة المذكورة على فرصٍ مستوٍ له ثلاث قوائم (الشكل ٨٠) ويُصَبّ الماء فيها حتى يرتفع الى جانبيها ويسكن فيهما على استواء واحد . ثم ينظر رجل من عند مساواة الماء في الجانبين الى بقعةٍ في علَمٍ عموديّ يحمله رجل آخر قبالته ويعيّن ارتفاع المكان الواقف عليهِ صاحب العلَم . ثم ينتقل صاحب العلَم الى المكان الآخر ويرفع العلَم او يوطئهُ حتى تقع تلك البقعة تحت نظر صاحب الفادن ويعيّن ارتفاع المكان الثاني فيُعرف الفرق بينهُ وبين ارتفاع الاوّل



الشكل ٨١

(١٣٧) الفادن الكحولي * هو عبارة عن انبوبة من الزجاج قليلة التحدُّب جدًّا تُملأُ كحولاً الاَّ بقعةً صغيرة منها تشغلها فاقعةٌ من الهواء وتوضع في علبةٍ من الخشب او غيرهِ (الشكل ٨١) فاذا كان السطح الذي يوضع عليهِ هذا الفادن مستويًا ثبتت الفاقعة في

وسط الانبوبة والاَّ مالت الى المحلّ المرتفع منهُ فيعرف منها استواء ذلك السطح او عدم استوائهِ. وهذا الفادن ادقّ من الفادن المائي في دلالتهِ وضبطهِ ويستعمل عند النجارين والبنائين والمهندسين ولاسيما عند علماء الفلك في ضبط الآلات الفلكيَّة

(١٢٨) الثقل النوعيّ * هو ثقل جسمٍ بالنظر الى ثقل جسمٍ آخر من حجمهِ ولكن من غير مادَّتهِ . فلو كانت كل الاجسام من ثقل واحد لكان ثقلها النوعي واحدًا ولكنها متفاوتة في الثقل ولو كانت متساوية في الحجم. فالذهب مثلاً اثقل من الخشب والفضة من الصوف لانها اكثف من الخشب والصوف فيكون الثقل النوعي مجرَّد معرفة كثافة الاجسام. ولما كان الثقل النوعي لجسمٍ لا يُعرف الاَّ من مقابلتهِ بجسمٍ آخر اتفقوا لاسباب شتى على جعل الماء المقطَّر(١) قياسًا للجوامد والسوائل والهواء قياسًا للغازات. فاذا قلنا ان القيراط المكعَّب من النوتيا يزن سبعة امثال ما يزن القيراط المكعَّب من الماء كان ثقل النوتيا النوعي سبعةً وثقل الماء النوعيّ واحدًا . وكذلك اذا كان القيراط المكعَّب من الحامض الكربونيك يزن ١٬٥٢ مما يزن القيراط المكعَّب من الهواء فثقلهُ النوعي ١٬٥٢ وثقل الهواء النوعي ١ ويحسب الثقل النوعي للماء

---

(١) ان قيراطًا مكعبًا من الماء المقطر يزن ٢٥٢٬٤٥٦ من القمحة على ٦٢° فارنهيت من الحرارة و ٣٠ قيراطًا من البارومتر

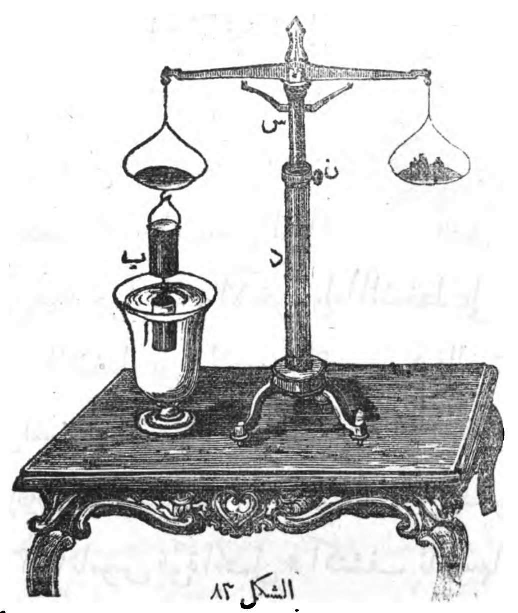
وللهواء واحدًا ابدًا . ويُستعلم الثقل النوعي للجوامد والسوائل بطرق ثلاث نذكرها بعد الكلام على قوّة السوائل على حمل الاجسام

(۱۲۹) قوّة السوائل على حمل الاجسام * يتضح المراد بذلك من النظر الى الشكل ۸۲ حيث ترى الجسم المكعّب الشكل ا ب س د المفروض ثقلهُ النوعي كالماء مغطَّسًا فيهِ فالضغط على جانبهِ ا يساوي الضغط على ب لان كلا الجانبين على عمقٍ واحد ولذلك لا يميل المكعّب نحو جانب من الوعاء اكثر من ميلهِ نحو الجانب الآخر . واما الضغط على قاعدتهِ س فاعظم من الضغط على د لان س اعمق من د فالضغط على س يرفعهُ والضغط على د يغرّقهُ ولكن قوّة الرفع اعظم من قوّة التغريق فيرتفع المكعّب بحمل الماء لهُ ويطلب ان يطفو على وجههِ

الشكل ۸۲

(۱۳۰) ناموس قوّة الحمل * اكتشف ناموسها الفيلسوف ارخميدس وهو هذا : ان قوّة السائل على حمل جسمٍ تساوي ثقل ما يحلّ الجسم محلّهُ من ذلك السائل . فضغط الماء للسطح د (الشكل ۸۲) الذي بهِ يغرق المكعّب يساوي ثقل عمود من الماء

مساحة دائرتهِ مثل اعلى المكعب وعلوُّهُ بقدر د ن وضغط الماء للسطح س الذي بهِ يرتفع الجسم يساوي ثقل عمود من الماء مساحة دائرتهِ مثل مساحة العمود الأوَّل واما علوُّهُ فبقدر س ن فقط والفرق بين س ن ود ن هو قوَّة الماء على حمل المكعب فتكون هذه القوة مساوية لكميَّة من الماء على قدر المكعب طبقًا للناموس المتقدّم ذكرهُ



الشكل ٨٢

ويتضح ذلك مما يُعرف بالميزان الهيدروستاتيك (الشكل ٨٢) بأن يُعلَّق باحدى كفتيهِ وعاء اسطواني الشكل ب يسع جسمًا آخر من شكلهِ ا ويعلّق ا بالوعاء ب حتى يتدلَّى في وعاء فارغ من الزجاج ويوزن كذلك بعيارات توضع في الكفَّة الاخرى من الميزان كما ترى . ثم يُصبّ ماء في وعاء الزجاج

فيحمل الماء الجسم ا بقوّتهِ على الحمل فينقص وزن هذه الكفّة عن وزن التي فيها العيارات فترجح هذه وترتفع تلك[١]

هذا وكل من يتحرك في الماء يعلم ان جسدهُ يخفُّ والحركة تسهل عليهِ فيمشي على الصخور الكثيرة التخاريب ولا تُخدَش قدماهُ ولو مشى عليها خارج الماء لتهشمتا تهشمًا . وما ذلك الاّ لانهُ يخفّ عند نزولهِ في الماء بقدر ثقل الماء الذي حلّ هو محلهُ واما في الهواء فيكون ثقلهُ عظيمًا فتثقل وطأتهُ

(١٢١) السباحة * السمك يعوم في الماء لوجود زقٍّ ممتلئٍ هواءٍ تحت فقراتهِ ينضغط ويتمدّد بارادة السمكة فاذا ضغطتهُ فصغر ثقلت وغاصت واذا مدّدتهُ فكبر خفّت وعامت . والانسان يعوم لان جسدهُ اخفّ من مقدارٍ يساويهِ من الماء ولاسيما ماء البحر لانهُ اثقل من الماء العذب . واذا قيل ان كان الانسان يعوم فلماذا يغرق من لا يحسن السباحة . قلنا ان راس الانسان اثقل من اجزائهِ السفلى ولو وُضع في الماء وحدهُ لغاص فيهِ ولذلك يكون من شأنهِ الغوص ما دام متصلاً بالجسد . فالذين لا يحسنون السباحة يغرقون لانهم لا يستطيعون رفع رؤوسهم فوق الماء ولا يأمنون الغرق حتى يتعلموا ذلك . ولو ان جاهل السباحة يتأنّى وينقلب على ظهرهِ في الماء بحيث لا يمتنع عن التنفس لأمن الغرق مهلة ما يأتي من ينجيهِ . ولكنهُ لاشتداد الخطر يحاول الخلاص فيرفع ذراعيهِ ويخبط في الماء خبطًا شديدًا فيقرّب بذلك زمان غرقهِ لان ثقل

(١) يحكى ان هيرو الطاغية ملك سرقوسه اعطى صائغًا مقدارًا من الذهب الخالص ليصوغهُ تاجًا لزفس اله الآلهة . فلما صنع التاج وزنهُ الملك فوجد ثقلهُ ثقل الذهب الذي سلمهُ للصائغ ولكنهُ ارتاب بالصائغ من ان يكون قد غشهُ بالفضة ولم يشأ ان يحكّهُ لجمالهِ واتقان صناعتهِ ففوّض امتحانهُ الى الفيلسوف ارخميدس وطلب منهُ ان لا يغير فيهِ شيئًا . ففكر ارخميدس في ذلك طويلاً ولم يفتح عليهِ الى ان كان ذات يوم يستحمّ في مغطس ففطن الى سهولة الحركة في الماء وعسرها في الهواء واهتدى من ذلك الى الناموس المذكور آنفًا فوثب من المغطس وهرول نحو منزلهِ فرحًا وهو يصفق بيديهِ في الازقة ويقول باليونانية Εὕρηκά اي وجدتها ثم امتحن التاج فوجدهُ مغشوشًا

بدنهِ يزداد برفع ذراعيهِ فكأن ذراعيهِ تعينان راسهُ على تغريقهِ . واما ذوات الاربع فالراس فيها اخفُّ من الاسافل ولذلك تسبح بلا علم ولا مزاولة . ولا يخفى ان العوم اسهل على السمان مما هو على النحاف لانهم يحلّون محلّ مقدار اكبر من الماء. ولذلك يعوم الانسان بربط قرعٍ جافٍ على ظهرهِ او بالتمنطق بمناطق من الفلين على حقويهِ لانهُ يحلُّ محلّ مقدار من الماء اثقل منهُ . واعلم ان من الطيور ما تسهل السباحة عليهِ كالوزّ والبطّ والوزّ العراقي وغيرها لان لهُ على اسافل بدنهِ زغبًا صغيرًا ناعمًا كثيفًا لا يخرقهُ الماء فيحلُّ محلّ مقدار من الماء يساوي ثقلهُ مع انهُ لا ينغطس من جسمهِ الاّ القليل فيعوم

(١٤٣) قلنا (عد ١٤١) ان الجسم يعوم في الماء الملح اكثر مما يعوم في العذب ويتضح ذلك من الشكل ٦ (عد ٣٨) فانهُ اذا مُلئَ الوعاء ماء حلوًا الى نصفهِ وُضعت فيهِ بيضة غاصت الى قعرهِ ثم اذا أُدخل فيهِ قمع ذو انبوبة تصل الى قعرهِ وصبَّ فيهِ ماء ملح يهبط ماء الملح الى القعر لانهُ اثقل من العذب وتعوم البيضة فيهِ . وسبب عومها هو انهُ اذا ذاب جسم جامد كالملح في الماء تخلّلت دقائقهُ مسام الماء فزادت كثافتهُ وقوتهُ على حمل الاجسام بدون ان تزيد حجمهُ. ولهذا يتعسَّر على الانسان ان يغوص في بحيرة لوط ولو قصد ذلك لان ماءها يحملهُ فيطفو عليهِ كما يطفو الفلين حتى يمكن ان الانسان يتوسّد خشبة وينام عليهِ كما ينام على فراشهِ لكثرة ما فيهِ من الملح الذائب وعظم كثافتهِ

اذا طُرقت حديدةٌ حتى رقّت تطفو على وجه الماء لانها تحلُّ محل مقدار اثقل منها ولذلك يطفو اللكن والدست والسفن الحديدية ولو شُحنت شحنًا ثقيلاً حال كون الحصاة الصغيرة تغوص الى القعر . ويكون مركز الثقل في الجسم الطافي في اوطإ قسم منهُ . ويتضح ذلك مما حكاهُ الفيلسوف هرشل عن رجل لبس حذائين كبيرين من الفلين وحاول ان يمشي على الماء فانقلب راسهُ الى الاسفل ورجلاهُ الى الاعلى ولم يُرَ منهُ الاّ ساقان تضربان الماء والهواء

(١٣٣) استعلام الثقل النوعي* يُستعلم الثقل النوعي للجوامد والسوائل بثلاث طرق الميزان الهيدروستاتيك والهيدرومتر وزجاجة الثقل النوعي . والعمل فيها كلّها مبنيٌ على استعلام ثقل الجسم ثم استعلام ثقل مقدار يساويهِ من الماء كما سترى* اولاً لتستعلم الثقل النوعي لجسمٍ جامد بالميزان الهيدروستاتيك (الشكل ٨٣) زن الجسم في الهواء ثم زنهُ في الماء وخذ الفرق بين الوزنين فهو ثقل مقدار ما يساويهِ من الماء . واقسم وزنهُ في الهواء على هذا الفرق فالخارج ثقلهُ النوعي . مثالهُ : ان اوقيةً من الكبريت تصير نصف اوقية اذا غطست في الماء اي تنقص نصف وزنها فثقلها النوعي ٢ اي انها اثقل من الماء مرتين

ثانيًا لتستعلم الثقل النوعي لسيّال بزجاجة الثقل النوعي خذ قنينة تسع ١٠٠٠ قمحة من الماء مثلاً فاذا وسعت ١٨٤٠ قمحة حامضًا كبريتيكًا فثقلهُ النوعي ٨٤'١ على فرض ثقل الماء النوعي واحدًا واذا وسعت ١٣٥٠٠ قمحة من الزئبق فثقلهُ النوعي ٥'١٣

ثالثًا لتستعلم الثقل النوعي لسيال بالهيدرومتر . خذ انبوبةً من الزجاج (الشكل ٨٤) لها في احد طرفيها بلبوس يحتوي زئبقًا او خردقًا وسدّها من طرفها الآخر واقسمها درجات بحزّات تحزّها عليها حتى اذا وُضعت في الماء المقطّر تغرق الى درجة الصفر فاذا

وُضعت بعد ذلك في الكحول مثلاً تغرق فيهِ اكثر مما تغرق في الماء بقدر ما هو اخفُّ من الماء. وتُحسب كل درجة منها جزءًا من المئة.

والهيدرومترانواع شتى تُستعمل لمعرفة الثقل النوعي للحليب والحوامض وانواع المذوّبات

واعلم ان الثقل النوعي للجوامد والسوائل يصحُّ استعلامهُ بكلٍّ من هذه الطرق الثلاث ولكنا لم نستوفِ تفصيل ذلك لضيق المقام وسهولة تحصيلهِ على الفطن

الشكل ٨٤

(١٣٤) استعلام وزن حجم مفروض من اي مادَّة كان *

اضرب وزن قدم مكعبة من الماء في الثقل النوعي لتلك المادة ثم اضرب الحاصل في عدد الاقدام المكعبة في ذلك الحجم فما كان فهو وزنهُ . مثالهُ اذا قيل ما وزن ثلاث اقدام مكعبة من الفلين قلنا وزن القدم المكعبة من الماء ١٠٠٠ اوقية (الاوقية ٨ دراهم) وثقل الفلين النوعي ٠٫٢٤٠ .قلنا ١٠٠٠ اق × ٠٫٢٤٠ = ٢٤٠ ق و ٢٤٠

جدول يتضمن الثقل النوعي لبعض الاجسام على فرض الماء واحدًا

اسم الجامد	الثقل النوعي	اسم الجامد	الثقل النوعي	اسم الجامد	الثقل النوعي
البلاتين	٢١٫٥٠	الفضة	١٠٫٤٧	الحديد	٧٫٨٠
الذهب	١٩٫٣٦	النحاس الاحمر	٨٫٨٠	حديد الصب	٧٫٢١
الزئبق	١٣٫٦٠	القصدير	٧٫٢٩	التوتيا	٦٫٨٦
الرصاص	١١٫٣٥	الفولاذ	٧٫٨١	الماس	٣٫٥٠

ق X٢ (عدد الاقدام المكعبة من المليون) = ٧٣٠ ق فالجواب ٧٣٠ اوقية وهو وزن المقدار المفروض

(١٣٥) استعلام حجم وزنٍ مفروض من اي مادّة كان . اضرب وزن قدم مكعبة من الماء في الثقل النوعي لتلك المادة واقسم الوزن المفروض على الحاصل فما خرج فهو الحجم محسوبًا اقدامًا مكعبة: فلو قيل ما هو حجم ٢٠٠٠٠ اوقية من الرصاص لقيل ١٠٠٠ ق X ١١٫٣٥ = ١١٣٥٠ و ٢٠٠٠٠ + ١١٣٥٠ = + ١٫٧٦ من القدم المكعبة وهو الحجم المطلوب

(١٣٦) استعلام جرم الجسم * زن الجسم في الماء فينقص ثقلهُ بقدر وزن الماء الذي حلّ الجسم محلهُ . ثم ان وزن القدم المكعبة من الماء ١٠٠٠ اوقية فيُعرف من ذلك حجم الماء المساوي للجسم . مثالهُ : اذا نقص جسم ١٠ اواقٍ عند وزنهِ في الماء فوزن

اسم الجامد	الثقل النوعي	اسم الجامد	الثقل النوعي	اسم السيال	الثقل النوعي
الزجاج الصوالي	٢٫٣٣	شمع العسل	٠٫٩٧	الحامض الكبريتيك	١٫٨٤
الرخام	٢٫٧٠	حجر الخفان	٠٫٩٣	ماء بحر لوط	١٫٢٤
الطباشير	٢٫٦٥	الجليد	٠٫٩٣	الحليب	١٫٠٣
الكبريت	٢٫٠٠	البوتاسيوم	٠٫٨٦	ماء البحر	١٫٠٣
العظم	١٫٩٩	خشب الصنوبر	٠٫٦٦	الماء الصرف	١٫٠٠
الفصفور	١٫٨٣	الفلين	٠٫٢٤	زيت الزيتون	٠٫٩١
السكر	١٫٦٠			الكحول الصرف	٠٫٨٠
الفحم الحجري	١٫٣٠			الايثر	٠٫٧٣

الماء الذي حلّ ذلك الجسم محلهُ ١٠ اواقٍ ولذلك يكون حجمهُ $\frac{1}{100}$ من القدم المكعبة وهذا هو جرم الجسم تمامًا

(١٢٧) مسائل للتمرين * (١) اذا اردنا ان نمتحن قوّة الصفوة الفهنا فيها بيضةً وحكمنا على قوّتها من عوم البيضة او غوصها فيها فما هو تعليل ذلك. (٢) لماذا يستسهل السمين السباحة اكثر من النحيف . (٣) اذا غرق الانسان وغاص الى قعر الماء اطلقوا وراءهُ مدفعًا فيطفو على وجه الماء فما سبب ذلك . ج . ان المدفع يهزُّ قعر الماء فتنفلت جثة الغريق من الاوحال او الاعشاب التي تكون قد اشتبكت بها . (٤) لماذا تطفو جثة الغريق على وجه الماء بعد موته . ج لان جسدهُ يحلُّ فتتولَّد فيهِ غازات خفيفة فيخفُّ ويطفو . (٥) لماذا تكبر فقاقيع الهواء عند صعودها من قعر جرَّة ملآنة ماء . (٦) عندنا بِرَّ علوّها ١٤ قدمًا وعرضها ١٠ اقدام وفي اسفل جانبها باب فكم يكون ضغط الماء على بابها اذا مُلئت ماء . (٧) بيد زيد دلوٌ ملآن ماء وبيد عمرو دلوٌ آخر مساوٍ لهُ ملآن ماء ايضًا وفيهِ سمكة حيَّة فدلو ايهما اثقل. (٨) دخل الماء في خرق صخر طولهُ ٢٥٠ قدمًا ووسعهُ قيراط مربع ثم نفذ الى حوض محصور في باطن الارض مساحة سطحهِ ٢٠ قدمًا مربعة فكم ضغط الماء لما حولهُ من جوانب الصخر . (٩) لماذ يكون تحريك الحجارة في الماء اسهل مما على اليابسة . (١٠) لماذا يعسر الخوض في الماء حيث يجري مجرى او تيارٌ . (١١) لماذا يُصنع سدّ المطحنة صغيرًا من الاعلى كبيرًا من الاسفل. (١٢) هل يقتضي للمهندس ان ينظر الى تحديب الارض في حفر الترع ومدّ السكك الحديدية . ولماذا . (١٣) هل ماء البحر اكثف عند القعر منهُ عند السطح . (١٤) لماذا تتحرَّك فاقعة الهواء في الفادن الزئبقي عند ادارتهِ . (١٥) هل يتجرَّح من يسيح اذا داس على الزجاج او نحوهِ في الماء . (١٦) هل يغوص الحديد في الزئبق . (١٧) لماذا تطفو الدِّواية على وجه الحليب . (١٨) اذا غرقت سفينة في البحر

فالى اي عمق تصل . (١٩) رمى صبيٌّ طابتهُ في ثقبٍ عميق ولم يقدر ان يصل اليها فملأ الثقب ماء فلم تصعد فاصعدها بواسطة اخرى فما هي . (٢٠) ايها اقوى على حمل الاجسام الماء ام الزيت . (٢١) ما وزن اربع اقدام مكعبة من الفلين . (٢٢) كم درهمًا من الحديد تحمل قدم مكعبة من الفلين على الماء . (٢٣) ما هو الثقل النوعي لجسمٍ وزنهُ ٤٠ قمحة في الهواء و ٣٠ قمحة في الماء. وكم هو اثقل من الماء . (٢٤) عندنا دلوٌ مملوءٌ من ماء البحر وآخر من الماء العذب فايها اثقل . (٢٥) وُزنت قطعة من صخر في الهواء فكانت ٨٫٢٩٤١ القمحة ثم وُزنت في الماء فكانت ٥٫٣٦٠٧ القمحة فما ثقلها النوعي . (٢٦) وزن قطعة من الزبرجد ٥٫٤٢١ من القمحة في الهواء و ٣٫٢١٦ من القمحة في الماء فما ثقلها النوعي . (٢٧) ما حجم قنطار من الحديد . ومن الذهب . ومن النحاس . (٢٨) ما وزن مكعَّب من الذهب مساحة كل جانب من جوانبهِ الستة اربع اقدام . (٢٩) طول حوض ٤٢ قدمًا وعرضهُ ٦ اقدام وعمقهُ ١٠ اقدام فكم يكون ضغط الماء لكل جانب منهُ اذا امتلأَ (٣٠) لماذا تطفو السمكة الميتة على ظهرها . (٣١) وزن حجمٍ من الماء ٥٫٦٢ القمحة ووزن آخر مثلهُ من الحامض الموريانيك ٧٥ قمحة فما الثقل النوعي للحامض المذكور . ج ١٫٢ . (٣٢) عندنا وعاء يسع عشر اواقٍ من الماء فكم يسع من الزئبق . (٣٣) ما حجم حجر وزنهُ ٨٠ اوقية في الهواء و ٥٠ اوقية في الماء . (٣٤) كم يجب ان يكون حجم كرةٍ مجوَّفة من الحديد وزنها ١٠ اواقٍ لتطفو على الماء

الفصل الثاني

في الماء الجاري او الهيدروليك

(١٣٨) الهيدروليك لفظة مشتقة من اليونانية معناها ماء الانابيب . وهي فنٌّ يبحث فيهِ عن السائلات المتحرّكة من حيث تفرُّغها من ثقوب وجريها في انابيب واقنية وتموجها وما اشبه . ويتخذ الماء فيهِ نائبًا عن البقية كما في الهيدروستاتيك . ونواميسهُ هي نفس نواميس الاجسام الساقطة الَّا انها لا تصدق عليهِ عملًا بل نظرًا لاسباب شتى ولذلك يعوَّل فيهِ على التجارب العمليَّة ولا يُلتفت الى النواميس النظريَّة . اما اسباب الفرق بين النواميس النظريَّة والعمليَّة فمنها اختلاف حرارة السائلات فان الحرارة تزيد سيولة السائل. وتفاوتها في الصفاء. وتفاوت جاذبيَّة الملاصقة بين دقائقها واحتكاكها على جوانب الاوعية التي تجري منها ومقاومة الهواء لها . وشكل الثقوب التي تتفرَّغ منها . واختلاف جريها باختلاف هيئة الاماكن التي تجري فيها الى غير ذلك من الاسباب

(١٣٩) سرعة النوفرة * السائل يصعد من النوفرة بسرعة تعدل سرعة جسمٍ يسقط من ارتفاع بقدر ارتفاع السائل الذي

في مصدر النوفرة. فاذا ارتفع ماء النوفرة عشر اقدام فسرعتهُ تعدل سرعة حجر يسقط من علوّ عشر اقدام وذلك يتضح مما مرَّ (عد ١٣٣) وهو ان الماء يصعد في النوفرة الى مساواة سطح ينبوعهِ وما مرَّ (عد ٤٩) في الاجسام الصاعدة وهو ان الجسم لا يصعد الى علوّ مفروض ما لم تكن سرعتهُ بقدر السرعة التي يسقط بها من ذلك العلوّ. فسرعة النوفرة تتوقف اذًا على ارتفاع مصدرها عن ثقبها. وينبغي ان تصعد كل السائلات منها بسرعة واحدة فالدبس والزئبق ينبغي ان يرتفعا منها بقدر ما يرتفع الماء كما ان الرصاصة والريشة ينبغي ان تصلا الى الارض في وقت واحد اذا سقطتا من علوّ واحد (عد ٤٦). ولكن الاسباب التي ذكرناها (عد ١٣٨) تؤثر في السائلات تأثيرًا متفاوتًا جدًّا فيختلف بذلك ارتفاعها. فلا يرتفع الزئبق والماء ارتفاعًا واحدًا ولو كان مصدراهما متساويين كما ان الرصاصة والريشة لا تسقطان في وقت واحد بسبب مقاومة الهواء لهما

(١٤٠) استعلام سرعة الماء الخارج من نوفرة * تُستعلم سرعتهُ بالمعادلة الرابعة من معادلات الاجسام الساقطة . وهي س = ٢√ج ب (عد ٤٧) ويراد بالحرف ب هنا انخفاض فم النوفرة عن سطح الماء في الحوض الذي تستمدُّ الماء منهُ . مثال ذلك اذا

قيل: كم سرعة نوفرة في سهل اذا ورد الماء اليها من اكمة علوُّها ٦٤ قدماً . فالجواب يعرف بالتعويض عن ب بالعدد ٦٤ وعن ج بالعدد ١٦ وهو عدد الاقدام التي ينزل فيها الجسم في الثانية الاولى بالجاذبية (عد ٤٦) فلنا س = $٢\sqrt{١٦ \times ٦٤}$ = ٦٤ قدماً

(١٤١) استعلام كميَّة الماء المتفرّغة في وقت مفروض * العمل في ذلك ان تضرب مساحة الثقب المتفرّغ الماء منهُ في سرعة الماء ثم تضرب الحاصل في عدد الثواني او الدقائق او الساعات المفروضة فلك كميَّة الماء المتفرّغة

مثال ذلك : اذا نزل ماء المطر عن سطح بيتٍ في انبوبة طولها ١٦ قدماً ومساحة فوهتها نصف قدم مربعة فكم يتفرّغ منها من الماء في ٥ ثوانٍ . الجواب اذا انحدر الماء ١٦ قدماً فسرعتهُ = $٢\sqrt{١٦ \times ١٦}$ = ٣٢ قدماً في الثانية . نضربها في ½ اي مساحة الفوهة فالحاصل ١٦ قدماً مكعبة وهي كميَّة الماء المتفرغة في ثانية واحدة . نضربها في ٥ ثوان فالحاصل ٨٠ قدماً مكعبة وهي كمية الماء المتفرغة في الوقت المفروض . هذا بحسب الناموس النظري . واما بالعمل فلا يتفرّغ اكثر من ٦٢ في المئة مما ذكر اي ٤٩،٦ القدم المكعبة فقط للاسباب المتقدّمة آنفاً (عد ١٣٨)

(١٤٢) تأثير الانابيب * ان الانابيب تؤثّر كثيرًا في كميَّة الماء المتفرغة من الوعاء فاذا امعنّا النظر في الماء الخارج من ثقبٍ رأيناهُ يصغر حجماً بعد خروجهِ من الثقب حتى يصير ٣/٢ ما كان وهو فيهِ . وسبب ذلك ان الماء يجري في مجارٍ تقاطع بعضها بعضاً وهو خارج من الثقب لانهُ يخرج من جميع جهاتهِ . فلو أُدخل في الثقب انبوبةٌ اطول من قطرهِ بضعفين او ثلاثة لجرى الماء

ملاصقاً لجدرانها فلا يتقاطع ولا يعوق بعضه بعضاً فتزيد الكمية المتفرغة منه حتى نصير ٨٢ في المئة مما يقتضي ان يتفرّغ بالحساب

ولو أُدخل الطرف الواسع من انبوبة مخروطيّة الشكل في الثقب لصارت الكميّة المتفرغة ٩٢ في المئة ولو أُدخل فيهِ الطرف الضيّق منها لزادت الكميّة المتفرغة ٢٥ في المئة عما اقتضى ان تكون بالحساب وذلك من الامور المستغربة. والظاهر ان ادخال الانبوبة في الثقب على ما تقدّم يسهّل المرور على الماء حتى كأنها تجتذبهُ اجتذاباً الى الخارج . واذا جرى الماء في انابيب طويلة او منحنية ابطأَ جريهُ فيها وقلّت الكميّة المتفرغة منهُ لسبب احتكاكها عليهِ . فقد قيل انهُ اذا جرى على زاويةٍ قائمة في انبوبةٍ تنقص الكمية المتفرغة منه النصف واذا جرى في انبوبة طولها ٢٠٠ قدم يتفرّغ منهُ نصف ما يتفرّغ من انبوبة طولها قيراط اي اقصر من تلك ٢٤٠٠ مرّة

(١٤٣) جري الماء في الانهار * الماء وسائر السوائل لا تجري الاَّ اذا كان مجراها عمودياً على سطح الافق او مائلاً عليهِ. ولا حاجة ان يكون الميل عظيماً فانها لسهولة تحرّك دقائقها تجري على الارض ولو كان انحدارها قليلاً جداً . فالماء يجري بسرعة ثلاثة اميال في الساعة على ارض لا تنحدر اكثر من ثلاثة قراريط في الميل . فان نهر الكنج لا ينحدر الاَّ ٨٠٠ قدم في مسافة ١٨٠٠ ميل فلا يقطع ماؤُهُ تلك المسافة الاَّ بعد مضي اكثر من شهر من ابتداء جريهِ . واذا انحدر سطح الارض ثلاث اقدام في الميل جرى الماء فيهِ جرياً عنيفاً كما في سواقي الجبال . ويبلغ جريهُ اشدَّهُ في الوسط . ويسمى

عند العامة بالسبلة . ويكون ضعيفاً على القعر والضفتين لسبب مقاومة الارض لهُ

(١٤٤) استعلام معدَّل سرعة النهر وما ينصبُّ منهُ * تستعلم سرعتهُ في الوسط وعلى القعر وعند الضفتين ويقسم مجموعها على ثلاثة فيخرج لنا معدَّل سرعتهِ . فلو قيل سرعة الماء على جوانب نهرٍ ٣ اميال وعلى قعره ٤ وفي وسطهِ ٥ فكم سرعتهُ لقيل $\frac{٣\times٤\times٥}{٣} = ٤$ اميال وهي الجواب . ويستعلَم معدَّل ما ينصبُّ منهُ بضرب عرض جزءٍ منهُ في معدَّل عمقهِ وضرب الحاصل في معدَّل سرعتهِ

(١٤٥) دواليب الماء * دواليب الماء آلات يستعمل بها الانسان قوَّة الماء الجاري لقضاء حاجاتهِ كفراش المطحنة والناعورة وما اشبهها وتجري على حكم المخل اذا فعلت القوة بساعدهِ الاقصر . وهي على اربعة انواع الدولاب الفوقيّ والدولاب التحتيّ والدولاب الجانبيّ والدوَّار

(١٤٦) الدولاب الفوقيّ * هذا يستعمل اذا كان الماء قليلاً لانهُ يدور بقليل من الماء ولهُ على محيطهِ دلاءٌ ينزل اليها الماء من ميزاب كما في الشكل ٨٥ وتُصنع هذه الدلاء بحيث تمسك الماء وهي نازلة على الجانب الواحد وتصبهُ وهي صاعدة على الجانب الآخر . فبذلك يدور الدولاب لانهُ متى امتلأ بعضها يثقل

فيهبط فيدير الدولاب حتى ينصبَّ الماء منهُ ويصعد فارغًا اذ يمتلئ غيرهُ من الدلاء ويدير الدولاب بثقلهِ ايضًا وهلمَّ جرًّا . فيدور الدولاب

الشكل ٨٥

بقوَّة الماء كما يدور بقوَّة الانسان وغيرهِ * ويكون هذا الدولاب كبير الحجم ففي الولايات المتحدة دولاب علوُّهُ ٩٦ قدمًا فاذا فُرض الماء فيهِ ق والبين الذي ينزل فيهِ كل دورة ب فقوَّتهُ = ق × ب بالحساب ولكنها لا تزيد عن ٨٠ في المئة من ذلك بالعمل

١٤٧ الدولاب التحتيُّ * هذا يُستعمل حيث الماء كثيرٌ ولا يسقط من علوٍّ شاهق وليس لهُ دلاء بل عوارض نائتة من حافتهِ فيصدمها الماء وهو جارٍ ويديرها بزخمهِ فيدور الدولاب معها (الشكل ٨٦) قيل انهُ لا يُستعمل بهذا الدولاب اكثر من ٣٠ في المئة من قوَّة الماء

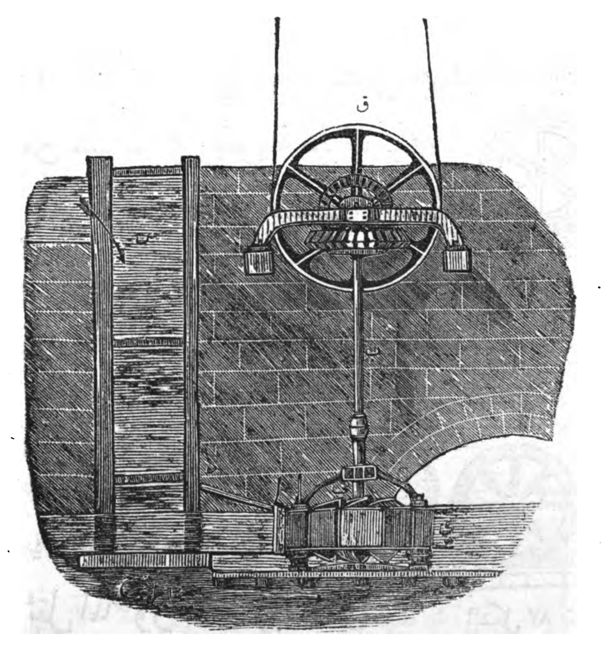
الشكل ٨٦

(١٤٨) الدولاب الجانبيُّ * هذا يتوسَّط بين الفوقيّ والتحتيّ (الشكل ٨٧) فيديرهُ ثقل الماء وزخمهُ معًا ويُستعمل حيث الماء معتدل المقدار

الشكل ٨٧

(١٤٩) الدوّار * هذا يسميهِ الافرنج التَّرْبن وهو حديث العهد واقوى من سائر الدواليب عملًا فانهُ يُستعمل بهِ نحو ٩٠ في المئة من قوّة الماء . ويختلف عنها اختلافًا جوهريًّا كما سترى ويُغمس في الماء ويوضع فيهِ افقيًّا ويصنع على صور شتى منها الشكل ٨٨

وشرحهُ ان س د قناةٌ ينزل الماءُ فيها ويجري منها في الميزاب د ا حتى يقع على الدولاب . وف محور هذا الدولاب وهو اسطوانة تتفرّع منها عوارض مسطحة الى كل الجهات . وي اطار مقبّب يحيط بهذه العوارض على دائرها .



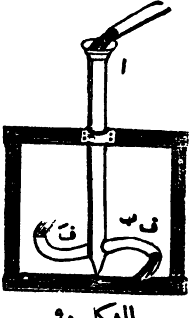
الشكل ٨٨

وعلى أعلى هذا الاطار واسفلهِ قرصان مستديران متصلان بالاسطوانة وبالعوارض المتفرعة منها . وفي هذين القرصين شبه اقباع مقوَّرة تبتدئ بقرب الاسطوانة وتنحني الى الخارج بحيث يبقى تقعيرها نحو الاسطوانة وتكون بارزة فوق القرص الاعلى وتحت الاسفل كما ترى . فينزل الماء من الميزاب د ا في الاقباع العليا ويخرج من السفلى في عكس الجهة التي دخل فيها فيدور الدولاب وتدور الاسطوانة ف ب وتدير الدولاب ق الذي يلتف على حرفهِ سير يوصل آلات اخرى بهِ * والدوَّار يدور على مبدإ اختلاف الضغط في عمود من السائل كما يتضح من الشكل ٨٩ علّق ابريقًا ملآنًا ماء بخيط فالماء يضغط كل جوانبهِ ضغطًا متساويًا حسب ناموس پاسكال (عد ١١٥)

الشكل ٨٩

فيهدأ بذلك . ثم اذا ثقبتهُ من جانبهِ يجري الماء من الثقب فيرتفع الضغط عن ذلك الجانب ويبقى على الجانب الآخر فيدفع الابريق الى الجهة المقابلة لجهة الثقب اي يبعدهُ عن الخشبة التي تجاههُ

(١٥٠) مطحنة باركر * وعلى هذا المبدإ صُنعت مطحنة باركر ايضًا وهي مؤلفة من اسطوانة مجوَّفة ا ب في الشكل ٩٠ موضوعة بحيث تدور بسهولة ومن اسطوانة اخرى ف فَ عمودية على الاولى وموازية لسطح الافق وطرفاها معكوفان ومفتوحان الى جهتين متعاكستين (ويزاد فيها ايضًا اسطوانة ثالثة افقية كالثانية ولكنها عمودية عليها) فاذا سدَّت فتحتا الاسطوانة الافقية وصبَّ الماء في ا ب تبقى المطحنة ساكنة لان ضغط الماء متساوٍ على ف فَ واما اذا فتحت ف وفَ فيزول الضغط عنها ولكنهُ يبقى على الاجزاء المقابلة لها من



الشكل ٩٠

الاسطوانة . فاذا تفرَّغ الماء من الفتحة ف الى اليمين مثلاً اندفع الجانب ف ب

المقابل لها الى اليسار . وهكذا يقال في الفتحة فَ والجانب فَ ب من الاسطوانة . ولذلك تدور الاسطوانة ف فَ بتفرّغ الماء من فتحتيها . ولا يخفى انهُ كلما طال جانبا الاسطوانة ف فَ وبقي الضغط عليهما واحدًا تزيد القوّة على الثقل كما اذا طال ساعد القوّة على ساعد الثقل في المخل . وهذه الآلة من اعظم الآلات فعلاً اذا قُصد استعمال مقدار مفروض من الماء يسقط من علوٍّ مفروض

(١٥١) تموّج الماء * اذا صببنا ماء في انبوبةٍ ملتويةٍ كما في الشكل ٩١ الى حدّ م ومَ ثم ادخلنا مجرًى من الهواء الى م فضغط الماء حتى هبط من م الى ن يرتفع في الجانب الآخر من مَ الى يَ . واذا أزلنا هذا الهواء الضاغط يهبط الماء من يَ الى م وينزل بالاستمرار الى نَ فيرتفع في الجانب الآخر الى ي . ثم يهبط من ي ويرتفع من نَ ولكنّ الهابط لا يصل حينئذٍ الى ن ولا المرتفع الى يَ لان الهواء والاحتكاك على جوانب الانبوبة يعيقانهما ولذلك لا يزالان بين هابطٍ ومرتفع حتى يتلاشى استمرارهما بالاحتكاك ومقاومة الهواء فيسكنان عند م ومَ كما كانا قبلاً . فلو ارتفع الهواء والاحتكاك او لو جُعل للماء واسطة تحرّكهُ على الدوام كما يتحرّك الرقّاص لبقي في حال الاضطراب الى ما شاء الله . وعلى ما تقدّم

ي ي َ
م مَ
ن نَ

الشكل ٩١

يتموَّج الماء في البركة اذا رُمي فيها حجر امواجًا مستديرة تتسع شيئًا فشيئًا حتى تنمحي . لان الماء ينضغط تحت الحجر فيهبط فيرتفع ما حولهُ ثم يهبط هذا ايضًا ويرتفع ما حولهُ ولا تزال دقائق الماء بين هابطٍ ومرتفعٍ حتى يبطل تموجها باحتكاكها بعضها على بعض و بمقاومة الهواء لها

(١٥٢) الموج * يحدث الموج من احتكاك الريح على وجه الماء فاذا كانت الريح خفيفةً احدثت امواجًا صغيرة يتراكب بعضها على بعض في وسط البحر حتى تصير موجًا طامًّا يتقلَّب على متن المياه . لان الريح اذا هبَّت على الماء ترفع دقائقهُ بضغطها على الدقائق المجاورة للدقائق المرتفعة كما تقدَّم في عمودَي الماء (الشكل ١) ثم تهبط تلك الدقائق بالجاذبيَّة فترتفع التي تليها وهكذا يحدث الموج من ارتفاع دقائق الماء وهبوطها بدون ان تتقدَّم من مكانها . واما تقدُّمها الظاهر فمن الامور التي تنخدع بها العين كما تنخدع بتموُّج البساط اذا نُفض او الحبل اذا هزَّ او الزرع اذا ماج بالريح * اذا راقبنا قرعةً او خشبةً على الماء رأيناها تتقدَّم على راس الموجة بضع اقدام او قراريط حسب طول الموجة ثم تقف وتتأخر راجعةً في المطمئنّ الذي يلي الراس ثم تقف عن الرجوع وتتقدم على راس الموجة الثانية وتقف وترجع ايضًا في المطمئنّ الذي يليهِ وهكذا على الدوام . فتعلو وتهبط مع الموجة ولكنها لا تسير على وجه الماء الى الشاطئ . ولعلَّ ذلك لان القرعة وهي في راس الموجة تنحدر الى المطمئنّ الذي يليها الى جهةٍ في السطح المائل الاعظم تحدُّرًا اي الاعظم ميلاً على الخط السمتي . ثم متى صار المطمئنّ موجةً اي متى ارتفع ماؤُهُ لما مرَّ يكون السطح المائل الاعظم تحدُّرًا الى جهةٍ مخالفة فتنحدر راجعةً فيهِ ثم تهبط كاوَّل مرَّة وترجع وهلمَّ جرًّا الى ان يهدأ الموج . لنكن ا ب وس د موجتين وب س المطمئن بينهما . فاذا

كانت القرعة عند ز راس الموجة ا ب وهبطت الى ف المطمئن في السطح المائل ز ف لكونهِ اعظم تحدّرًا من السطح المائل الى اليمين فمتى ارتفع ارتفع المطمئن ف حتى صار موجة راسها عند ل وهبطت ز الى و

الشكل ٩٣

فكان و مطمئنًا يلي ل بكون السطح المائل الاعظم تحدّرًا ل و فترجع فيهِ ثم ترتفع الى ز وتهبط الى ف ثم ترجع الى و وهلمّ جرًّا . فالماء لا ينتقل من مكانهِ بل يرتفع عمود وهذا العمود يهبط ويرفع ما يليهِ الخ ودقائق الماء تبقى مكانها

(١٥٣) تنفش الموج * اذا قربت الامواج من الشاطئ او من صخرٍ لم يوازنها ماء الشاطئ لقلة عمقهِ وعظم عمقها فتتقدم حتى يمنعها الشاطئ من التقدم فتنتشر وتتنفش ويُعرف تنفشها عند العامة بنفش الموج . وقد ظهر بالتجربة والملاحظة ان الامواج لا تهبط اكثر من ٣٠ قدمًا عن مساواة سطح مائها وان اعظم الامواج لم يعلُ اكثر من ٤٣ قدمًا من قمتهِ الى حضيضهِ

(١٥٤) حدود * تسمى الاجزاء المتوافقة من الامواج كرؤوسها ومطمئناتها وجوهها المتماثلة واجزاؤها المتخالفة كراس موجةٍ ومطمئن اخرى وجوهها المتضادّة . وتسمى المسافة بين كل وجهين متماثلين كالمسافة بين راس موجة وراس التي تليها طول الموجة . فاذا فرضنا ان موج المدّ الحادث من تفاوت جذب الشمس او القمر لماء الارض سائر من الشرق الى الغرب وان نوءًا نزل في البحر

فاحدث امواجًا بعيدةً عن موج المدّ وسائرةً وراءهُ وان ريحًا خفيفة هبّت على قسم متوسط بينهما من البحر فاحدثت فيهِ امواجًا صغيرة فامواج كل فاعلٍ من هذه الفواعل الثلاثة تبقى ممتازة عن امواج الآخر حتى تلتقي . وحينئذٍ فاما ان تتلاقى وجوهها المتماثلة او المتضادّة . فاذا تلاقت وجوهها المتماثلة كما اذا التقت رؤُوس امواج المدّ برؤُوس امواج النوء ومطمئنات امواج الواحد بمطمئنات امواج الآخر حصل من التقائهما موج علوّهُ بقدر مجتمع علوّ الاثنين معًا . واذا التقت وجوهها المتضادّة كما اذا التقت رؤُوس امواج الواحد بمطمئنات امواج الآخر حصل من التقائهما موج علوهُ بقدر الفضل بينهما . فاذًا اذا توالى موجان وكان طول الموجة وعلوها في كلٍّ منهما متساويين وكان الاوّل سابقًا للثاني بنصف طول موجة يفني احدهما الآخر لسبب التقاء وجوهها المتضادّة ويقال لذلك تعارض الامواج لانها تعارض بعضها بعضًا . واعلم ان لهذا المبحث اعتبارًا عظيمًا في الصوت والنور كما سيجيء فاحفظهُ جيدًا .

(١٥٥) مسائل للتمرين * (١) عندنا حوض لهُ ميزابان متساويان احدهما اسفل من سطح الماء باربع اقدام والآخر بتسع فكم يفرّغ الثاني اكثر من الاوّل . الجواب . ان سرعة الماء تتغير في الميزابين كتغير جذري علوّيهما اذ كان المتفرّغ في كل من الميزابين بسرعتهِ لو صدّ بادخال ركبة انبوبةٍ قائمة في

فم كلٍ لارتفع الى وجه الماء في الحوض واذا كانت انبوبة الركبة قصيرة تصعد كالنوفرة بزخم تفرّغ الماء (عد ١٤٠) فالعلوّان المذكوران كناية عن يبني الماء مدفوعاً من الميزابين الى العلوين والسرعة تتغير كجذر البين . ثم ان الكمية المفرّغة تتغير كالسرعة مع فرض مساواة الميزابين اذًا الكمية المفرغة ∞ كجذر البين اي

الكمية المفرّغة من الاعلى : المفرّغة من الادنى :: $\sqrt{٤}$: $\sqrt{٩}$ :: ٢ : ٣

اي ان الميزاب الادنى يفرّغ مثلاً ٣ قناطير في الوقت الذي يفرّغ الاعلى قنطارين . (٣) قطر انبوبة اربعة قراريط وعمقها ٤٨ قدماً تحت سطح الماء فكم من الماء تفرّغ في الثانية . (٣) اذا أُطلق ماء من بلبل كوز فلماذا يكون مجتمعاً عند فوهة محنّة البلبل واذا ابتعد عنها ينتشر . (٤) اذا لوينا طرفي الاسطوانة ف فَ من مطحنة باركر (عد ١٥٠) الى جهة واحدة وثقبناهما من تلك الجهة فماذا تكون النتيجة (٥) هل يلزم ان تدخل الحنفية في البرميل الى ما وراء الواحد ٢



الباب السادس

في الهوائيَّات

الفصل الاول

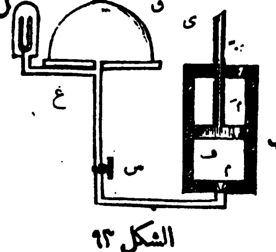
في الغازات ومفرّغة الهواء

(١٥٦) الهوائيَّات فنٌّ يُبحث فيهِ عن صفات الغازات وضغطها * والغازات اجسام قوَّة الجذب بين دقائقها اضعف من قوة الدفع (عد ٣٧) فلذلك تكون حركة دقائقها اسهل من حركة دقائق السائلات فيصدق عليها ما يصدق على السائلات من ايصال الضغط الى كل الجهات على السواء وقوَّتها على حمل الاجسام وثقلها النوعي . وهي كثيرة العدد ولكن اربعة منها فقط بسيطة وهي الاكسجين والهيدروجين والنتروجين والكلور والبقيَّة مركَّبة . ومنها ما لهُ لون او رائحة ومنها ما ليس لهُ . ومنها ما يضرُّ الانسان والحيوانات اذا استنشقتهُ كغاز الحامض الكربونيك ومنها ما لا يضرُّ كالهيدروجين والنتروجين ولكنهُ لا يصلح لحياة

الحيوان. ومنها ما لا تقوم الحياة الاَّ بهِ وهو غاز الاكسجين فاذا انقطع عن الحيوان بضع ثوانٍ مات لامحالة . ويكون مدار الكلام في الهوائيَّات على الهواء فقط لانهُ ينوب عن كل الغازات بما انهُ اكثرها مقدارًا كما ينوب الماءُ عن السائلات

(١٥٧) الهواءُ * الهواءُ ويُعرف عند التخصيص بالهواءِ الكرويّ او الجَلَد غازٌ من الغازات محيط بكرة الارض كل الاحاطة فيملأُ ما كان فارغًا فيها ويحيي ما عليها من الحيوان والنبات. وهو مؤلف من غازَين الاكسجين والنتروجين ممتزجَين معًا على نسبة ٢٣ وزنًا من الاكسجين الى ٧٧ وزنًا من النتروجين ويحتوي ايضًا قليلاً من الحامض الكربونيك وكميَّة من البخار المائي تكثر وتقلُّ بحسب الاحوال . وليس لهُ رائحة ولا طعم ولا لون ولكنهُ اذا تكاثر تلوَّن بالازرق كما يُشاهد في لون السماءِ فان قبتها الزرقاءَ التي تاهت في جمالها عقول الشعراءِ هواءٌ صرف قد تلوَّن بالزرقة من ضوءِ الشمس ولو تلاشى الهواءُ لزال بهاؤُها واسودَّ وجهها . ولهذا يضرب لونها الى السواد كلما ارتفع الناظر عن الارض واذا ارتفع كثيرًا رآها سوداءَ من تلطُّف الهواءِ فوقهُ . وهو ايضًا شفَّاف مرن فلولاهُ لم نقدر على سمع الاصوات ولم نطرب على رنَّة العود

(١٥٨) مفرّغة الهواء * قلنا ان الهواء يملأُ ما كان فارغًا على الارض فاذا اردنا ان نفرّغ الاجسام منهُ لم نستطع ذلك بكبّها كما انَّا لا نستطيع ان نفرّغ الآنية من الماء كذلك وهي مغموسة فيهِ. ولذلك احتال العلاَّمة أُطوفَن كركّي على تفريغهِ بآلة اخترعها سنة ١٦٥٠ وتسمَّى مفرّغة الهواء. اخصُّ اجزائها ظاهر في الشكل ٩٣ فالحرف ق وعاء من زجاج يعرف بالقابلة ويوضع على صفيحة ملساء غ وب اسطوانة وس انبوبة تصل بين القابلة والاسطوانة

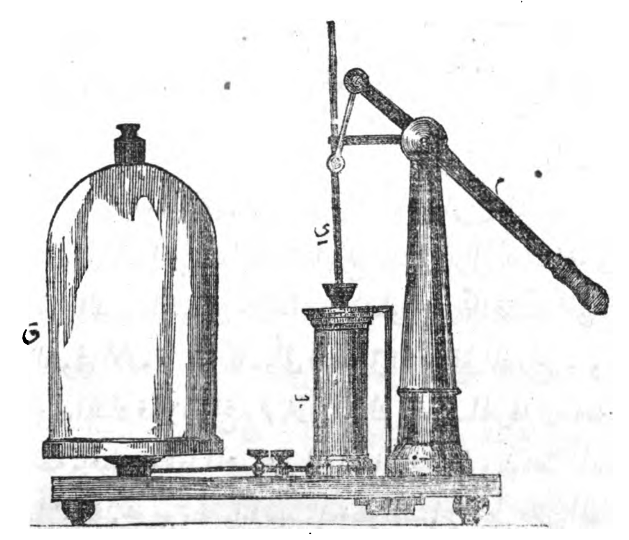


الشكل ٩٣

وم مصراع ينطبق على طرف الانبوبة المتصل بالاسطوانة وينفتح الى الاعلى وف مدكٌّ ينزَل ويرفع داخل الاسطوانة باحكامٍ وفيهِ مصراع مَ ينفتح الى الاعلى ايضًا

اما كيفيَّة تفريغ الهواء بها فكما ترى: اذا فُرض ان المدكّ في اسفل الاسطوانة وان المصراعين منطبقان فحينما يرفع المدك بانزال يد المفرّغة ي يرتفع حاملاً الهواء الذي عليهِ ويبقى ما تحتهُ من الاسطوانة فارغًا. فيتمدَّد الهواء الذي في القابلة وفي الانبوبة س كما سيأتي (عد ١٦١) ويرفع المصراع م ويدخل الى ما تحت المدكّ فيملأ الفراغ. ثم ينزَل المدك برفع يد المفرّغة فيضغط الهواء الذي تحتهُ والهواء يضغط المصراع م الى الاسفل فيطبقهُ ويضغط المصراع مَ الى الاعلى فيفتحهُ ويخرج منهُ. واما سبب ضغطهِ للمصراع الاعلى فلان الهواء كالماء يوصل الضغط الى الاعلى والاسفل وبقية الجهات بالسواء (عد ١١٤) ثم يُرفع

المدك ثانيةً فيفرّغ الهواء من الاسطوانة على ما تقدّم فيأتي مكانهُ هواءٌ من القابلة ايضًا على طريق المصراع م . وينزّل ثانيةً فينفتح المصراع مَ فيجد الهواء منفذًا منهُ وهلمّ جرًّا . فيتفرّغ الهواء من القابلة شيئًا فشيئًا بتنزيل المدك ورفعهِ حتى يصير على غاية اللطافة ولا يعود يقدر على رفع المصراعين . فتفرّغ القابلة من الهواء الاَّ قليلاً ويقاس مقدار تفرّغها بالمقياس ل على الجانب الايسر من القابلة ق الذي هو في فراغ يتصل بفراغ الانبوبة س كما ترى . فان المقياس هو الانبوبة من الزجاج الملتوية الموضوعة ضمن قابلة اخرى من زجاج عن يسار ق . شعبتها اليسرى مسدودة ومملوءة زئبقًا واليمنى فارغة مفتوحة فمتى فرغ الهواء من الآلة يتفرّغ من قابلة المقياس فيخفّ الهواء في شعبتهِ اليمنى ويأذن للزئبق بالصعود فيها فيعرف مقدار التفريغ من علوّ الزئبق في شعبة المقياس اليمنى المقسومة بخطوط الى اقسام متساوية فلو استوى سطحا الزئبق في الشعبتين لكان التفريغ تامًّا ولكن ذلك لم يتوصلوا اليهِ بهذه الآلة . وهذه صورة المفرّغة كما هي



الشكل ٩٤

(الشكل ٩٤) م اليد وي المدك وب الاسطوانة وق القابلة

اذا وضعنا جسمًا مشتعلاً كجمرة نار او قنديل متقد في قابلة وفرّغنا الهواء منها ضعف نورهُ شيئًا فشيئًا كلما تلطّف الهواء حتى ينطفئ وذلك لقلة الاكسجين الذي هو علّة اشتعالهِ . واذا وضعنا حيوانًا وفرّغنا الهواء مات فان كان من ذوات الثدي او طائرًا اسرع موتهُ وان كان من السمك او الزحّافات ابطأ وان كان من الحشرات كالصرصور بقي حيًّا بضعة ايام تبعًا لاحتياج ذلك الحيوان الى الاكسجين الذي تقوم الحياة بهِ . واذا وضعنا اجسامًا خفيفةً او ثقيلةً في طرف انبوبة طويلة وفرّغنا الهواء منها وقلبناها نزلت كلها الى الطرف الآخر في وقت واحد كما مرّ (عد ٤٦) * واعلم ان جميع الاجسام النباتية والحيوانية تنحلُّ وتفسد من فعل الاكسجين بها وقيل من غير ذلك . فتمكنوا بمفرّغة الهواء من حفظ الاطعمة من الفساد وذلك بوضعها في اوعية وتفريغ الهواء منها وسدّها سدًّا محكمًا يمنع الهواء من الدخول اليها

م

الفصل الثاني

في صفات الهواء

(١٥٩) الثقل * الهواء جسم كسائر الاجسام ومن صفاته الثقل ودليل ذلك اننا اذا فرّغنا قنينة تسع ١٠٠ قيراط مكعّب من الهواء وعيّرناها (الشكل ٩٥) ثم فتحناها حتى يدخل الهواء اليها تثقل وترجح على العيار ولا ترجع الى الموازنة الاّ بعد ما يزاد على العيار الاوّل عيار ٣١ قمحة . اذًا ثقل مئة قيراط مكعّب من الهواء ٣١ قمحة. وكذلك وُجد ان ثقل مئة قيراط مكعّب من الحامض الكربونيك ٤٧،٢٥ من القمحة ومن الهيدروجين اخفّ الغازات ٢،١٤ من القمحة وان ثلاثين قمحةً من الماء اثقل من ثلاثين قمحة من الهواء ٧٧٠ مرّة

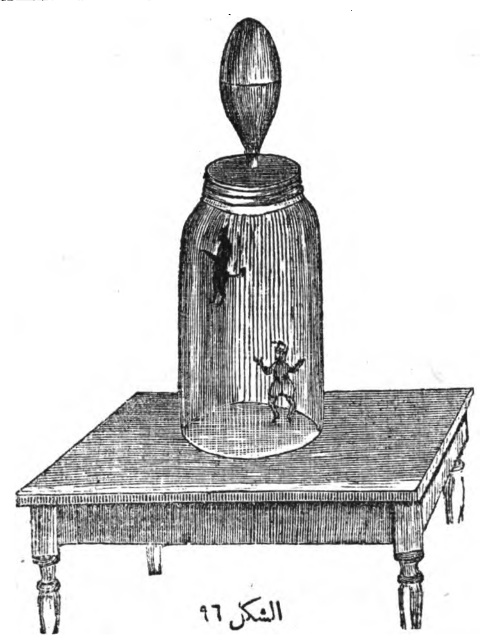
الشكل ٩٥

(١٦٠) المرونة والانضغاط * ومن صفات الهواء ايضًا المرونة والانضغاط ويظهر ذلك من لعبةٍ للصبيان تُعرف عند

العامة بالفقاعة وهي عود صغير من السيسبان ونحوه ينزع لبهُ ويُدخل فيهِ مدكٌ . ثم يصنع لهُ هنتان من الكتيت وتُدخل فيهِ احداهما بالمدك كرهاً من احد الطرفين الى الآخر . ثم تُدخل الاخرى وراءها كذلك . فمتى اقتربت اليها ينضغط الهواء بينهما فتزيد قوَّة مرونتهِ ويدفع الهنة السابقة بفرقعة شديدة . وكذلك اذا أُدخل مدكٌ في انبوبة متينة ادخالاً محكماً فلا يمكن ان يمس قعرها مهما كان الشدُّ عليهِ لان الهواء يبقى بينهما وكلما انضغط زادت مرونتهُ حتى يشعر بهِ تحت المدك ليناً مرناً كالزنبرك او المخدَّة الرخفة

ومما يوضح ذلك لعبة اسمها عفاريت القنينة (الشكل ٩٦) فالعفاريت فيها اشخاص من الزجاج مجوَّفة ومثقوبة من اذنابها توضع في قنينة ملآنة ماء وفي اعلاها وعاء مرن يعي الهواء . فلخفة العفاريت تطفو على الماء حتى يُضغط الوعاء الذي على القنينة فيخرج الهواء منهُ ويضغط الماء فيوصل الماء الضغط الى الهواء الذي في اجواف العفاريت فينضغط ويصغر حجمهُ فيدخل الماء في اجوافها فيزداد ثقلها فتغوص . ثم اذا ارتفع الضغط عن الوعاء المرن يرجع الهواء اليهِ فيرتفع الضغط عن الماء وعن الهواء الذي في جوف العفاريت فيمتدّ ويطرد الماء منها فتخفُّ وتصعد حتى تطفو كما كانت . وكلما اقتربت العفاريت من قعر القنينة سهل تحريكها حتى انهُ اذا احسن العامل الاعتناء في تحريكها جعلها تبدي من الحركات ما تبديهِ المخلوقات الحيَّة المتحركة بارادتها . وقد تبدل العفاريت بسمك وغيرهِ * فيستدلُّ من كل ذلك ان الهواء مرن وقابل للانضغاط وان مرونتهُ تزيد بزيادة انضغاطهِ

واعلم ان هذه اللعبة تصلح لاظهار قوَّة السائلات على حمل الاجسام وايصالها

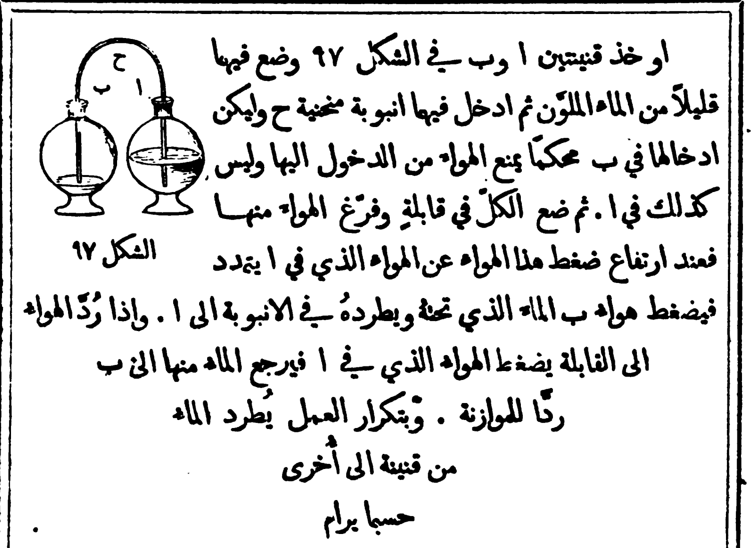


الشكل ٩٦

الضغط الى كل الجهات وزيادة ضغطها بزيادة العمق وإيضاح مبدإ مطحنة باركر مما ذُكر في السائلات ولا حاجة الى اعادة ذكرهِ هنا

(١٦١) التمدُّد * ومن صفات الهواء التمدُّد ويتضح ذلك بما يأتي: خذ زقًّا ناشفًا وسدَّهُ بحنفيَّة سدًّا محكمًا تاركًا فيهِ قليلاً من الهواء. ثم ضعهُ في قابلة وفرّغ الهواء منها فيتمدَّد الهواء فيهِ عندما يرتفع عنهُ ضغط الهواء الذي كان في القابلة فينتفخ وربما انشقَّ من تمدُّد الهواء فيهِ وضغطهِ لهُ (١)

(١) يُنَّ الفيلسوف اسحق نيوتن انهُ لو أُبعد قيراط كروي من الهواء اربعة آلاف ميل عن الارض لتمدَّد حتى اشغل دائرة محيطها اوسع من فلك زحل الذي قطرهُ اكثر من ١٧٤٤٣٦٨٠٠٠ ميل



الشكل ٩٧

او خذ قنينتين ا وب في الشكل ٩٧ وضع فيهما قليلاً من الماء الملوّن ثم ادخل فيهما انبوبة منحنية ح وليكن ادخالها في ب محكمًا يمنع الهواء من الدخول اليها وليس كذلك في ا . ثم ضع الكلّ في قابلةٍ وفرّغ الهواء منها فعند ارتفاع ضغط هذا الهواء عن الهواء الذي في ا يتمدد فيضغط هواء ب الماء الذي تحته ويطردهُ في الانبوبة الى ا . واذا رُدّ الهواء الى القابلة يضغط الهواء الذي في ا فيرجع الماء منها الى ب ردًّا للموازنة . وبتكرار العمل يُطرد الماء من قنينة الى أخرى حسبما يرام

الفصل الثالث

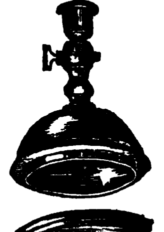
في ضغط الهواء

(١٦٢) يظهر ضغط الهواء مما يأتي: خذ قنينة لا قعر لها وضعها على صفيحة مفرَّغة الهواء. وضع يدك على فمها كما ترى في الشكل ٩٨ وفرّغ الهواء منها فترى ان بعض كفّك قد دخل في فمها من ضغط الهواء الخارجي ليدك. او اربط على فم القنينة قطعة من مثانة طريّة مرطّبة وعند ما تجفّ فرّغ الهواء من القنينة فتتمزّق المثانة اربًا من شدّة ضغط الهواء لها. وما دام الهواء داخل القنينة فلا تتمزّق المثانة لان ضغطهُ يضادُّ ضغط الهواء الخارجيّ ويساويهِ فيفني احدهما الآخر ولا يظهر تأثير الواحد الّا بزوال تأثير الآخر

الشكل ٩٨

(١٦٣) كاسا مكدِبرُج * ظهر مما سبق ان الهواء يضغط نازلًا وهو يضغط الى كل الجهات كما يظهر من كاسَي مكدبرج. وهما نصفا كرة يركبان معًا (الشكل ٩٩) اخترعهما أُطوفن كركي

المكدبرجي فاضيفا الى اسم بلدتهِ . فاذا رُكّبت احداهما على الاخرى



الشكل ٩٩

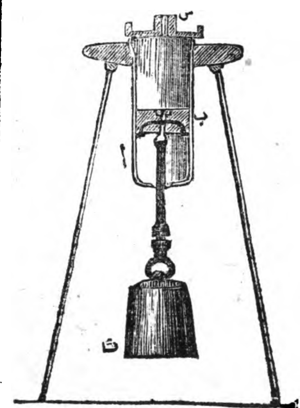
وبقي الهواء فيهما يفكّان بسهولة . واما اذا فرّغ الهواء منها وسدّت الحنفية المتصلة باحداهما حتى لا يدخلها الهواء فلا يفكّها الاَّ جماعةٌ من الرجال يشدُّون معًا من ضغط الهواء الخارجي لها(١) . ولا فرق في الضغط سواء كان وضعها كما في الصورة او خلافهُ



الشكل ١٠٠

ويتضح ضغط الهواء صاعدًا ما يأتي : املأ كأسًا ماء وضع على فمها قطعةً من القرطاس ثم اقلبها عاجلاً (الشكل ١٠٠) فتبقى قطعة القرطاس على فمها ولا ينصبُّ الماء منها لان الهواء يضغطها صاعدًا * ويظهر ضغط الهواء صاعدًا من الشكل ١٠١ وهو اسطوانة من الزجاج ا في داخلها مدك نازل فيها نزولاً محكمًا ومعلّق به الثقل ث . فتركز الاسطوانة وتوصل بمفرّغة الهواء بواسطة حيّة من المغيط تدخل في س فمتى فُرّغ الهواء منها يضغط الهواء الذي في الخارج المدك من اسفل صاعدًا فيرتفع ويرفع الثقل معهُ فيلبث الثقل معلقًا كأنهُ معلّق بصنارة او نحوها

(١) يقال ان اطوفن كركي المذكور صنع كاسين قطر كل منها قدمان ثم ركبها وفرّغ الهواء منها فلم تنفك الواحدة عن الاخرى حتى ربط الى كل منها ستة احصنة وجعلها تشدّ الى جهتين متضادتين



الشكل ١٠١

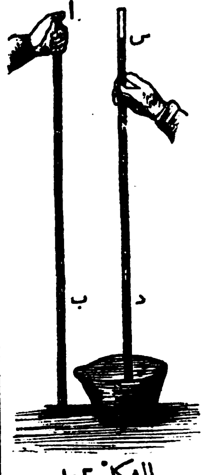
(١٦٤) قوّة الهواء على حمل الاجسام * كما تطفو الاجسام في الماء بحملهِ لها تطفو في الهواء ايضًا بحملهِ لها جارية على ناموس ارخميدس (عد ١٣٠) وذلك كثير المشاهدة فالدخان والسحاب يعومان في الهواء كما يعوم الخشب على الماء لانها اخفّ منهُ ويحملان عليهِ بقوّة تساوي ثقل الهواء الذي يحلّان محلهُ

يتبيّن ذلك مما ياتي : خذ كرة مجوّفة من النحاس وضعها في طرف ساعدٍ من ساعدي الميزان وعلّق بطرف الساعد الآخر عيارًا يوازنها تمامًا في الهواء . ثم ادخلها هي والعيار الى قابلةٍ فيبقيا متوازنين ما دام الهواء في القابلة . واما اذا تفرّغ منها فترجح كرة النحاس . وما ذلك الّا لان الهواء كان حاملاً بعض ثقلها بقوّتهِ على حمل الاجسام فلما زال الهواء زاد ثقلها على ثقل العيار لانها اكبر منهُ حجمًا فهبطت وارتفع

(١٦٥) مقدار ضغط الهواء * علمنا مما تقدَّم ان الهواء يضغط الاجسام بثقلهِ والآن نقول ان مقدار ذلك الضغط يساوي ضغط عمود من الزئبق علوهُ ثلاثون قيراطًا او عمودًا من الماء علوهُ نحو ٣٤ قدمًا . وبعبارة اخرى ان الهواء يضغط كل قيراط مربع من سطح الارض بثقل ١٤ ليبرا وذلك ما يقال لهُ ثقل جلدٍ واحد

لقيراط مربَّع

لم يُعرف شيء من ذلك حتى كشفهُ طورِشلّي الايطاليُّ سنة ١٦٤٣ كما يأتي:
أخذ انبوبةً من الزجاج طولها نحو ثلاث اقدام مفتوحة الطرفين وشدَّ على احد طرفيها جلدةً ليّنة رطبة وتركها حتى جفّت جيدًا ثم ملأَ الانبوبة زئبقًا وسدَّ طرفها الآخر المفتوح ا باصبعهِ كما ترى في الشكل ١٠٢ وقلبها في وعاء مملوءٍ زئبقًا ايضًا فهبط الزئبق في الانبوبة حتى استقرَّ عند س على علوّ نحو ثلاثين قيراطًا من سطح الزئبق الذي في الوعاء وبقي ما فوق الزئبق من الانبوبة فارغًا من الهواء فسمي فراغ طورشلي . واما السبب في استقرار الزئبق على هذا الارتفاع فهو ان الهواء يضغط الزئبق الذي في الوعاء وهذا الزئبق يسند العمود الذي عليهِ فيبقيهِ على ارتفاع ٣٠ قيراطًا . وهذا هو المراد من قولنا ان ضغط الهواء للاجسام يساوي ضغط عمود من الزئبق علوّهُ ٣٠ قيراطًا . فاذا كانت مساحة سعة الانبوبة قيراطًا واحدًا فثقل الثلاثين قيراطًا التي فيها من الزئبق ١٥ ليبرا ولذلك يكون ضغط عمود الزئبق الذي مساحتهُ قيراط وعلوّهُ ٣٠ قيراطًا ١٥ ليبرا لكل قيراط مربع من الزئبق الذي تحتهُ . ولما كان هذا العمود يوازن عمودًا من الهواء مساحتهُ كمساحتهِ في الغلظ وعلوّهُ من سطح الارض الى اعلى الجلَد فضغط عمود الهواء هذا ١٥ ليبرا لكل قيراط مربع من سطح الارض .



الشكل ١٠٢

ثم ان الزئبق اثقل من الماء ١٣½ مرَّة فعمود الزئبق المذكور يوازن عمودًا من الماء غلظهُ كغلظهِ وعلوّهُ ١٣½ مرَّة اعظم من علوّهِ فيكون علوّهُ ٣٠ قيراطًا في ١٣½ وذلك يساوي ٣٣¾ القدم . وهو المراد من قولنا ان ضغط الهواء يساوي ضغط عمود من الماء علوّهُ نحو ٣٤ قدمًا

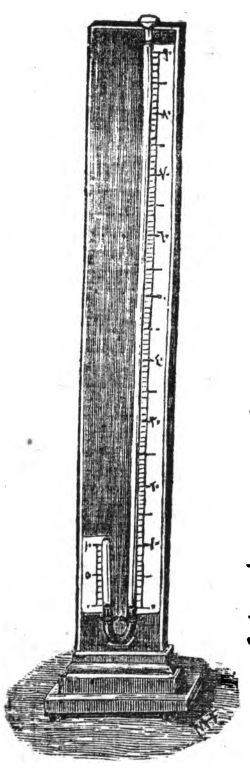
(١٦٦) تجربة پاسكال * قلنا ان سبب استقرار عمود الزئبق على علو ٣٠ قيراطًا هو ضغط الهواء لسطح الزئبق الذي في الوعاء وذلك اثبتهُ العلّامة پاسكال بالتجربة: قال اذا كان الهواء هو الذي يسند عمود الزئبق فيبقيهِ على ارتفاع ٣٠ قيراطًا على سطح الارض فاذا صعدنا الى محلّ عالٍ فلا بد من هبوط هذا العمود لان الهواء يخفُّ في الاعالي فلا يوازن ما يوازنهُ على سطح الارض. وطلب الى بعض اقربائهِ ان يجرّب ذلك في محلّ عالٍ فجرّبهُ فهبط عمود الزئبق ثلاثة قراريط فصار علوّهُ ٢٧ قيراطًا فقط . ثم جرّب پاسكال ذلك بسوائل أُخرى كالماء والزيت فطابق حسبهُ الواقع وأُدرج بين اليقينيّات المثبتة

(١٦٧) تغيّر ضغط الهواء * نحن في قعر بحرٍ من الهواء كسمكٍ في قعر بحرٍ من الماء اللجة تغمرنا وامواجهُ تجيش وتتلاطم فوق رؤوسنا. الّا ان امواجهُ اعظم من امواج البحر جدًّا واضطرابهُ اعظم من اضطرابهِ بكثير . وذلك لان دقائقهُ لما كانت سهلة الحركة بعضها على بعض بسبب ضعف جاذبية الملاصقة بينهـا فادنى سبب يحرّكهُ ويهيجهُ كتغيّر الحرارة والرطوبة ونحوهما من الاسباب . فلذلك يتغيّر ضغط الهواء وبتغيّرهِ يتغيّر ارتفاع عمود الزئبق او الماء او السائل الآخر الذي يوزنهُ فيطول تارةً ويقصر اخرى . فاذا صعدنا بعمود منها الى راس جبل قصر لان ضغط الهواء اقلّ هناك واذا هبطنا بهِ الى بطن وادٍ طال لان ضغط الهواء اكثر هناك بسبب تراكمهِ كما ان ضغط الماء يقلّ بقلّة العمق ويزيد بزيادتهِ (عد ١٢١) واذا وقفنا بهِ على شاطئ البحر يكون

طولهُ ٣٠ قيراطاً اذا كان زئبقاً وكانت حرارة الهواء ٦٠° فارنهيت ويكون $\frac{3}{4}$٣٣ القدم اذا كان ماء وكانت حرارة الهواء ٦٠° ف ايضاً. فيجعل طول العمود على شاطئ البحر ودرجة الحرارة المذكورة محطاً ثابتاً ويقاس منهُ مقدار الارتفاع والهبوط. والخلاصة ان ضغط الهواء يتغيَّر بتغيُّر الحرارة او الرطوبة التي فيهِ او بالارتفاع او بالانخفاض عن مساواة سطح البحر ويقاس تغيُّرهُ بالعمود الزئبقي

(١٦٨) ناموس مَريُت * ويُعرف بناموس بُويل ايضاً. هو انهُ اذا بقيت حرارة الهواء على حالها فحجم مقدار من الهواء يتغيَّر بالقلب كالضغط عليهِ. فاذا كان حجمهُ قدماً مكعبةً والضغط عليهِ رطلاً يصير حجمهُ $\frac{1}{2}$ قدم مكعبة اذا صار الضغط رطلين لان مقلوب $\frac{2}{1}$ هو $\frac{1}{2}$

ولبيان ذلك تؤخذ انبوبة ملتوية كما في الشكل ١٠٢ ساقها الواحدة طويلة مفتوحة الطرف والاخرى قصيرة مسدودتهُ ويُصبُّ فيها زئبقٌ حتى يبلغ علامة الصفر في كلتا الساقين فيكون ارتفاعهُ متساوياً ويثبت كذلك متوازناً. ولما كان ضغط الهواء للزئبق الذي في الساق الطويلة يساوي ضغط عمود من الزئبق طولهُ ٣٠ قيراطاً كما تقدَّم فضغط الهواء المحصور في الساق القصيرة للزئبق الذي تحتهُ لا يوازنهُ الاَّ لانهُ يساوي ضغط ٣٠ قيراطاً من الزئبق ايضاً. فان هذا الهواء وان يكن صغير الحجم فهو مضغوط ومرن جدًّا فيُضغط الزئبق بقوة مرونتهِ بقدر ما يضغط الهواء الخارجي الزئبقَ الذي في الساق



الشكل ١٠٣

الطويلة

ثم انّا اذا زدنا الزئبق حتى يصير علوّهُ في الساق الطويلة ٣٠ قيراطًا اي حتى يبلغ علامة ٣٠ تضاعف مقدار الضغط لان ضغط الهواء يساوي ٣٠ قيراطًا من الزئبق كما تقدَّم وقد زدنا عليهِ ٣٠ قيراطًا اخرى . فحينئذٍ يرتفع الزئبق في الساق القصيرة الى علامة الخمسة وذلك لان الهواء الذي كان شاغلًا ما بين صفر وعشرة منها قد صغر حجمهُ الى نصف ما كان عليهِ بتضاعف ضغط العمود الموازن لهُ فصار يشغل ما بين خمسة وعشرة فقط . وكذلك اذا صار الضغط ثلاثة اضعاف في الساق الطويلة صغر حجمهُ الى ثلث ما كان في الساق القصيرة وهلمَّ جرًّا(١)

(١) وجد بعض المدققين ان ناموس مريت لا يصدق تمامًا على الغازات اذا تعاظم الضغط بل يختلف . ولكن هذا الاختلاف زهيد لا يعبأ بهِ في اكثر الاعمال المعتادة

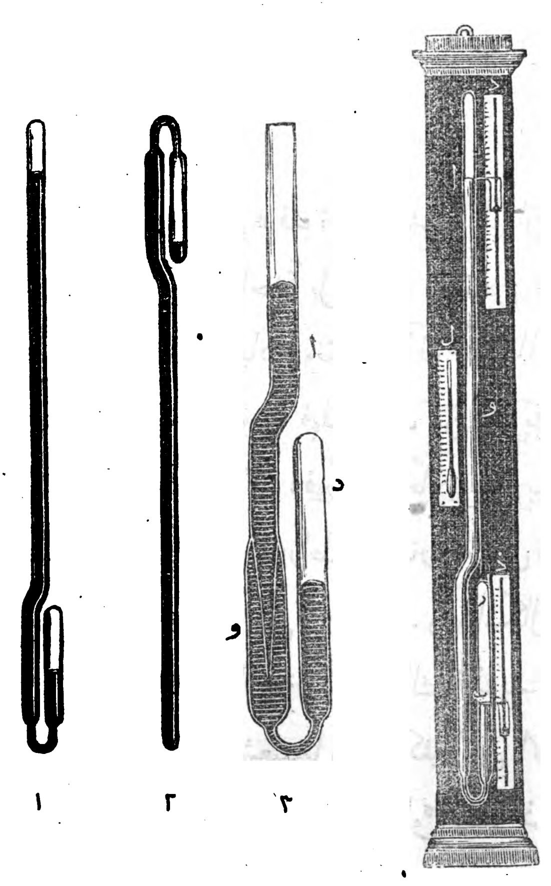
الفصل الرابع

في البارومتر وثقل الجلَد

(١٦٩) البارومتر الزئبقي * قد تقدَّم (عد ١٦٧) ان ضغط الهواء للاجسام لا يلزم حالاً واحدةً بل يزيد وينقص لاسباب شتى . وقد اخترعوا لقياس زيادته ونقصانه آلة سمّوها البارومتر وهي انواع منها البارومتر الزئبقي . فهذا مؤلّف من انبوبة وكاس فيها زئبق كما رأيت في الشكل ١٠٣ فيركبان معًا ويوصل بالانبوبة مقياس مقسَّم قراريط واعشار القيراط وترمومتر (مقياس الحرارة) لمعرفة حرارة الزئبق ويحفظ الكل في محفظة . وهو اشكال كثيرة نذكر منها شكلاً واحدًا يسمى بارومتر كاي لسّاك . فهذا يستعمل فيهِ انبوبة زجاج ملتوية احدى شعبتيها اطول كثيرًا من الاخرى . والشعبة الطولى المسدودة عند راسها مملوءة زئبقًا اذ الشعبة القصرى المفتوحة تستخدم كالكاس في البارومتر الزئبقي والفرق بين السطحين هو ارتفاع البارومتر

الشكل ١٠٤ عدد ١ يدلّ على هيئة بارومتر كاي لسّاك .

فلكي يجعله نافعاً مناسباً للسفر وصل بين الشعبتين واذا انقلبت الآلة كما في عدد ٢ تبقى الانبوبة دائماً ملأى



الشكل ١٠٤

بداعي كونها شعرية والهواء لايقدران يلج الى الشعبة الطولى .

على انهُ قد تنزّق لطمة سريعة بغتةً بين اجزاء الزئبق وتكون فرصة للهواء ان يدخل قليل منهُ اليهِ . فاحتياطاً لذلك اضاف المستر بَنطِن تدبيرًا انيقًا الى الآلة فان الشعبة الطويلة منتهية الى راس مستدق وملتحمة بالانبوبة و كما ترى عدد ٢

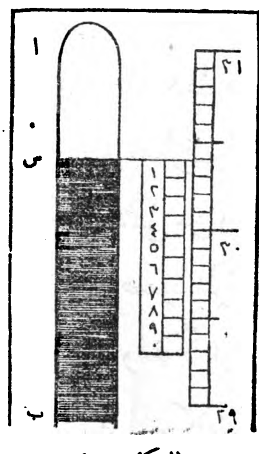
فعلى هذا النمط اذا اجتاز الهواء في الانبوبة الشعرية لا يقدر انْ يخترق الطرف الاسفل الدقيق من الشعبة الطولى بل يقيم في الجزء الاعلى من الانبوبة و الوسيعة وبذلك يمتنع تأثير الهواء في انتظام صعود الزئبق اذ يبقى الجزء الاعلى من الانبوبة خالياً من الهواء وفضلاً عن ذلك يمكن ازالتهُ بسهولة

في بارومتر كاي لسّاك الشعبة القصرى مسدودة ولكن في جانبها يَ ثقبًا دقيقًا منهُ ينفذ الهواء الى داخلها فيضغط على الزئبق

اما العلوّ البارومتري فيتعيّن بواسطة مقياسَين لهما صفر مشترك عند و عدد ٤ نحو منتصف الشعبة الطولى مقسومين الى جهتين متخالفتين احدهما من و الى ا والآخر من و الى ب اما على الانبوبة نفسها او على افاريز نحاسيّة موازية للانبوبة . وفي جانب المقياسين مدققان (ڤرنيران) د وذ يدلاّن على اعشار المليمتر . وكل ارتفاع البارومترا ب هو مجموع البعدين من و

الى ا ومن و الى ب

اما المدقّق فهو ما يتصل بالمقياس المقسّم ويتحرّك على محاذاتهِ الى الاعلى والاسفل . فتعرف منهُ اجزاء المئة من القيراط كما يأتي . ليكن ب س في الشكل ١٠٥ اعلى عمود الزئبق في البارومتر و٢٩ و٣٠ و٣١ الى يمينهِ المليمترات او القراريط على المقياس المقسّم مقسومًا كلٌّ منها الى عشرة اقسام . ولنفرض ان كل ١٠ اقسام من المدقّق عن يسار هذه الاقسام تساوي ١١ قسمًا منها فيزيد كل قسم من المدقق عشرًا على كل قسم منها . ولما كان كل قسم منها عشر القيراط فتكون زيادة كل قسم من المدقق على كل قسم منها عُشر عُشر القيراط اي جزءًا من مئة من القيراط . فاذا اردنا ان نعرف ارتفاع



الشكل ١٠٥

العمود الزئبقي بالتدقيق نقول ان اعلاهُ واقع بين ٣٠ٌ٣ و٣٠ٌ٤ القيراط . ثم نجعل اعلى المدقق مطابقًا لهُ وننزل حتى نجد المطابقة بين اقسام المدقق والمقياس وهي في الشكل عند ٨ فيكون ارتفاع الزئبق ٣٨ٌ٣٠ من القيراط ، وعلى هذا المنوال يقسم المقياس الى اجزاء من الالف ايضًا . فيُعرف تغيُّر ضغط الهواء ولو كان جزءًا من الف جزء من القيراط

(١٧١) فائدة البارومتر * البارومتر يستعمل لامرين اهمها الدلالة على الطقس والآخر قياس ارتفاع الجبال . اما الدلالة على الطقس فلا تؤخذ منهُ راسًا لانهُ انما يدلُّ على تغيُّرات ضغط

الهواء . وهذه التغيرات منها ما هو دوريّ فيحدث في ساعات معلومة من اليوم ومنها ما هو عَرَضي فلا يحدث في اوقات معلومة. فيستنتج حال الطقس من هذه التغيرات العرضيَّة . والمعتاد ان يكون ارتفاع الزئبق دليلاً على حسن الطقس وهبوطهُ دليلاً على رداءتهِ . وينتظر هبوب رياح شديدة او حدوث انواء اذا هبط الزئبق هبوطاً عظيمًا فجائيًا . ولكنَّ دلالات البارومتر لا يجزم بصدقها وما ذكرناهُ منها اصدق مما سواهُ

واما قياس ارتفاع الجبال بهِ فلانهُ كلما زاد الارتفاع خفَّ ضغط الهواء (عد ١٦٧) فيهبط الزئبق حتى يوازنهُ فيعرف مقدار الارتفاع من هبوط الزئبق بجداول مدققة مصنوعة لذلك

(١٧٣) البارومتر المائي * من انواع البارومتر البارومتر المائي وهو مثل الزئبقي في مبدإِهِ ولكن الماء ينوب فيهِ عن الزئبق وطول انبوبتهِ ٣٤ قدمًا اي نحو ١٣½ مرَّة طول انبوبة البارومتر الزئبقي

قيل ان اوَّل بارومتر صُنع كان مائيًّا صنعهُ اطوفن كركي المكدبرجي صاحب الكاسين المعروفتين باسمهِ (عد ١٦٣) فنصب انبوبة طويلة من حوض في قبو بيتهِ الى سطح البيت. واوقف شخصًا من الخشب على وجه الماء في الانبوبة . فكان اذا حسن الطقس يرتفع الشخص بارتفاع الماء ويشرف على ما حولهُ من المساكن واذا تكدَّر الطقس واقترب النوء ينزل ويختفي . وما زال يفعل ذلك في حينهِ حتى شعر اهل المدينة بهِ وزعموا ان بين اطوفن كركي وبين الشيطان علاقةً وانهُ يُصعد ذلك الشخص ايام الصحو وينزلهُ ايام النوء

بعلمٍ سابق من الشيطان فاشتكوا عليهِ وأكرهوهُ على ابطالهِ

واعلم ان البارومتر الزئبقي يُستَخار على المائي لزيادة خفتهِ واحتمالهِ للبرد وقلَّة ما يتحوَّل منهُ الى بخار بالنسبة الى ما يتحوَّل من الماء . فقد وجدوا انهُ اذا كانت الحرارة ٣٢° ف (وهي درجة الجليد) ينخفض الماء في البارومتر المائي نصف قيراط بسبب ما يتحوَّل عنهُ الى بخار واذا كانت الحرارة ٧٥° ينخفض ١٢ قيراطاً

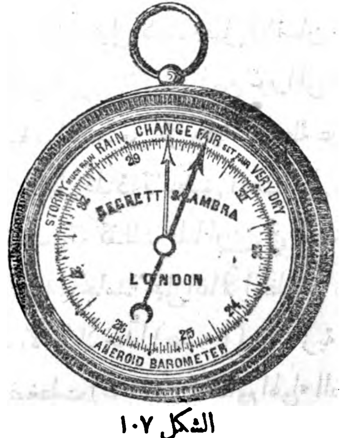
(١٧٣) البارومتر المعدنيّ * ومن انواع البارومتر البارومتر المعدنيّ اخترعهُ رجل فرنساوي اسمهُ بوردون وهو سيرٌ رقيقٌ اجوف من النحاس ن منحنٍ على شكل قوس دائرة . يُربط طرفاهُ ا و ب بشريط ويفرَّغ الهواء منهُ ويسدّ سدًّا هرمسيًّا[1] ويوضع في علبةٍ. فاذا زاد ضغط الهواء لهُ من الخارج انضغطت جدرانهُ الى الداخل واقترب طرفاهُ احدهما الى الآخر واذا نقص ضغط الهواء من الخارج ابتعدا احدهما عن الآخر. فمن تحركهما اقترابًا وابتعادًا ثم انتقال حركتهما على القوس

الشكل ١٠٦

(١) يراد بالسد الهرمسي في اصطلاح الكيميين ان يحكم السدُّ حتى لا تدخل منهُ الطف الاجسام وادقها كالهواء والغازات وذلك بلحمِ لحماً محكماً او بسدهِ بسدادة محكمة

المسنَّنة ق ومنها على الدولاب د الى العقرب غ يتحرَّك العقرب يمينًا او يسارًا على مينا مقسَّمة اقسامًا متساوية فتُعرف بها تغيُّرات ضغط الهواء ومنها تغيُّرات الطقس

(١٧٤) البارومتر الأَنيرُويد * اخترعهُ فيدي الپاريسي وهو كالبارومتر المعدني في كونهِ يقيس ضغط الهواء بواسطة صفيحة رقيقة من النحاس او نحوهِ . وهو عبارة عن علبة صغيرة مستديرة غطاؤُها رقيق جدًّا يفرَّغ الهواء منها ويُسدّ غطاؤُها سدًّا هرمسيًّا . ثم توضع في علبةٍ اخرى وجهها مقسَّم كأنهُ مينا ساعةٍ كما ترى في الشكل ١٠٧ فاذا زاد ضغط الهواء عليها انضغط غطاء العلبة الجوانيَّة الى الداخل واذا نقص ضغطهُ عاد الغطاء وارتفع فتنتهي حركة انضغاطهِ ورجوعهِ هذه الى عقرب بواسطة عدَّة امخال دقيقة فيدور العقرب على وجه الغطاء البرَّاني ويظهر دورانهُ مكبَّرًا واضحًا . فيُعرف منهُ تغيُّر ضغط الهواء. ولهذه الآلة مزيَّة على غيرها من جنسها بسهولة حملها . واذا كانت محكمة الصنع دلَّت على تغيُّر الضغط مهما قلَّ . فانها تتغيَّر ولو ارتفع حاملها من الارض الى كرسيٍّ فقط . ولذلك تستعمل كثيرًا لقياس علوّ الجبال غير انهُ اذا أُريد تمام التدقيق بها تُقابَل بالبارومتر الزئبقي كلَّ يسيرٍ



الشكل ١٠٧

واعلم ان ما يُكتب على البارومتر لتعيين الصحو والمطر والنوء والاعتدال الخ . فصحتهُ لا يُقطع بها ولاسيما في غير الاماكن التي كُتب بها وسبب ذلك

واضح لمن تمعّن في ما قيل عن تغيّر ضغط الهواء ودلالتهِ على الطقس (١٦٧ و ١٧١)

(١٧٥) ثقل الهواء على جسد الانسان * ان مساحة جسد الانسان المتوسط القامة ١٦ قدماً مربعة اي ٢٣٠٤ قراريط مربعة . وضغط الهواء ١٥ ليبرا على القيراط المربع فضغطهُ على ٢٣٠٤ قراريط اي مساحة جسد الانسان ٣٤٥٦٠ ليبرا او اكثر من ٦١ قنطاراً

فاذا قيل كيف يحمل الانسان ٦١ قنطاراً من الهواء ولا يشعر بثقلها مع انهُ لو حُمّل ٦١ قنطاراً من غير الهواء لسُحق تحت ثقلها سحقاً قلنا ان الهواء يضغط الجسد من كل جهة فضغطهُ على الصدر مثلاً يقاوم ضغطهُ على الظهر. واذا قيل فلماذا لا ينطبق الصدر على الظهر بين ذينك الضغطين ولا ينسحق الجسد كلهُ كذلك قلنا ان في الجسد اجزاء جامدة كالعظام واللحم وسائلة وغازية فالجامدة تحمل اثقالاً اعظم جداً من هذه والسائلة لا تنضغط بضغط الهواء الا قليلاً جداً (عد ٣٠) والغازية تنضغط كثيراً ولكنها تزداد مرونةً كلما انضغطت (عد ١٦٠) فتقاوم الهواء الضاغط الجسد من الخارج فيحمل الجسد ثقل الهواء ولا يتثقل بهِ . ولذلك اذا أُخرج الهواء من الصدر بالتنفس يشعر الانسان بضيق في صدرهِ من ثقل الهواء الخارجي عليهِ . واذا زال الهواء الخارجيُّ عن الجلد ينتفخ ويصير الانسان كالمورّم لان الهواء الذي داخلهُ يضغطهُ من الداخل ولا شيء يقاومهُ من الخارج. وعلى ذلك يجري التحجيم فترى المحجّم يحرق ورقةً في المحجمة ليخفّ الهواء داخلها ويتلطف فيقلّ كأنهُ قد فرّغ بالمفرّغة . ثم يقلب فمها على الجسد فيبرز الجلد تحتها لان الغازات الداخلية تضغطهُ من الداخل وضغط الهواء الباقي في المحجمة قليل لا يساوي ضغطها

فيجتمع الدم في ما برز وانتفخ من الجلد فبشطبة الحجّام لاخراج الدم منهُ. ولذلك ايضًا اذا مصّ الانسان هواء من قنينة تلتصق بفمهِ . فكأن الباري خلق فيهِ مفرّغة تفرّغ الهواء وجعل صدرهُ اسطوانتها

وعلى ما تقدَّم يمشي بعض الناس على سقوف البيوت منقلبين رؤُوسهم الى الاسفل وارجلهم الى الاعلى. وبيان ذلك انهم يلصقون بالسقوف قطعًا من الجلد بتفريغ الهواء من بينها ويعلقون ارجلهم باوتار مربوطة بالجلد . ويمشون برفع حرف الجلدة قليلاً حتى يدخل الهواء بينها وبين السقف ويسهل رفعها ثم بالصاقها بمكان آخر ورفع الرجل الاخرى كذلك . وعلى ما تقدَّم ايضًا يمشي الذباب على الزجاج. ويلصق البزّاق والترّاق بالصخور والحجار ونحوها لانها جميعها تفرّغ الهواء مما بينها وبين ما تلتصق بهِ

(١٧٦) ثقل الجلَد * لما كان ضغط الجلَد ١٥ ليبرا على القيراط المربَّع من سطح الارض فاذا استعلمنا مساحة سطح الارض من القراريط وضربناها في ١٥ ليبرا خرج لنا ثقل الجلَد كلهِ وهو ١١٦٣٤٩١٤٨٨٠٤٠٨٨٣٨٣٢٣ ليبرا

(١٧٧) علوُّ الجلَد وكثافتهُ * من صفات الهواء انهُ يتمدَّد ويتسع كما مرَّ (عد ١٦١) وربما تُوهِّم من ذلك انهُ يرتفع عن الارض الى ما لا نهاية لهُ وهو غير صحيح . لانهُ كلما تمدَّد الهواء وارتفع عن الارض ضعفت قوَّة التمدُّد فيهِ بسبب برد الاعالي التي يصل اليها حتى تتساوى فيهِ اخيرًا قوَّة التمدُّد التي بها تتباعد دقائقهُ بعضها عن بعض وقوَّة الجاذبية التي بها تتقارب دقائقهُ بعضها

الى بعض فينتهي الهواء هناك ولا يتجاوز الى ما فوقهُ

وقد حسبوا علوَّهُ من الشفق ما بين اربعين وخمسين ميلاً

ومن الخسوف ٦٦ ميلاً ومن الشهب والشفق القطبي بين ٢٠٠

و ٥٠٠ ميل. وهو هناك على غاية ما يكون من اللطافة فان كثافتهُ

تقلُّ سريعاً كلما ارتفع حتى تصير على علوّ $\frac{1}{2}$٣ ميل نصف

ما على مساواة سطح البحر. وعلى علوّ ٤٠ ميلاً

ككثافة الهواء الذي يبقى في القابلة بعد

تفريغ كل ما يمكن

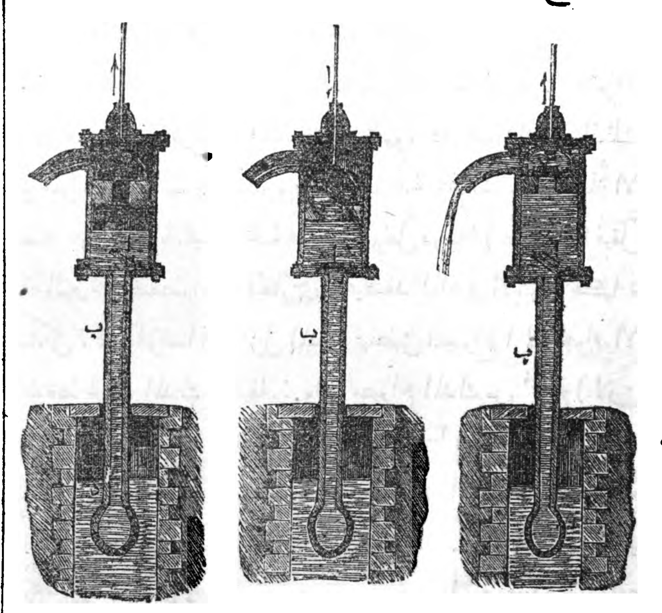
تفريغهُ منها

م

الفصل الخامس

في الآلات الهوائيّة

(١٧٨) الطلمبا * الطلمبا آلة لرفع السائلات اخترُعت منذ قديم الزمان والمظنون ان مخترعها اكتسِبيوس صانع اشتهر بالاسكندرية سنة ١٢٠ قبل المسيح . والطلمبات على اشكال متعدّدة تندرج جميعها تحت نوعين طلمبا السحب وطلمبا الضغط



الشكل ١٠٨

(١٧٩) طلمبا السحب * اما طلمبا السحب فهي اسطوانة من

الحديد يتصل باسفلها انبوبة ب في الشكل ١٠٨ وتنزل منها الى بير الماء . ولها مصراعان احدهما ا في اعلى الانبوبة ب وقد رُسم منفتحًا في الاولى والاخيرة ومنطبقًا في الوسطى والآخرس في المدك النازل في الاسطوانة وقد رُسم منفتحًا في الوسطى فقط ومنطبقًا في الاخريين

واما كيفية سحب الماء بها فكما يأتي : لنفرض انّا وصلنا يدًا بالمدك وان المصراعين منطبقان والمدك في قعر الاسطوانة فالامر ظاهر ان الهواء يملأ الاسطوانة والانبوبة ولذلك يكون ضغط الهواء الذي في الانبوبة لماء البئر مساويًا لضغط الهواء الخارجي له فيكون سطح الماء على استواء داخل الانبوبة وخارجها . فاذا انزلنا اليد ارتفع المدك وبقي مصراعهُ منطبقًا لان الهواء الخارجي يضغطهُ نازلاً . فيتفرّغ هواء الاسطوانة محمولاً على ظهر المدك ولذلك يصعد هواء الانبوبة ب متمددًا بزوال الضغط عنهُ وبفتح المصراع ا ويملأ الاسطوانة فضلاً عن الانبوبة . فيكبر حجمهُ فيتلطف وتقلّ مرونتهُ (عد ١٦٠) فيقلّ ضغطهُ لماء البير عن ضغط الهواء الخارجي له فيصعد الماء في الانبوبة كما ترى في الشكل . ثم اذا رفعنا اليد نزل المدك فينطبق المصراع ا لان هواء الاسطوانة ينضغط تحت المدك فيطبقهُ . . واما مصراع المدك س فينفتح (لان الهواء المنضغط تحت المدك يضغطهُ الى الاعلى كما يضغط الى الاسفل) ويصعد الهواء منهُ الى اعلى الاسطوانة ويختلط بهواء الجلد . واذا انزلنا اليد ثانيةً ارتفع المدك فيحدث ما حدث عند رفعهِ في المرّة الاولى ويصعد الماء في الانبوبة زيادةً عما كان اولاً . وهكذا لا يزال الماء يصعد شيئًا فشيئًا برفع اليد وانزالها حتى يملأ الانبوبة والاسطوانة فينصبّ من ميزابها كما ترى في الطلمبا الاخيرة من الشكل

ولما كان ارتفاع الماء بطلمبا السحب متوقفًا على فرق ضغط الهواء للماء

داخلها وخارجها فلا يرتفع الماء بها الى اعلى من ٢٤ قدماً عن سطح ماء البير . لان ضغط الهواء لا يرفع الماء الى اعلى من ٣٤ قدماً كما مرّ (عد ١٦٥) حتى الاربع والثلاثين قدماً لا يبلغها الماء بالطلمبات لان الهواء لا يتفرّغ منها تفرّغاً تامّاً كما علمت والمدك لا يمكن تحكيمهُ على الاسطوانة تحكيماً يمنع كل الهواء من الدخول اليها . ولذلك لا ترفع طلمبا السحب الماء اكثر من ٢٨ قدماً فاذا طالت الانبوبة او زاد عمق الماء في البير عما ذُكر لم تصلح هذه الطلمبا لرفعهِ

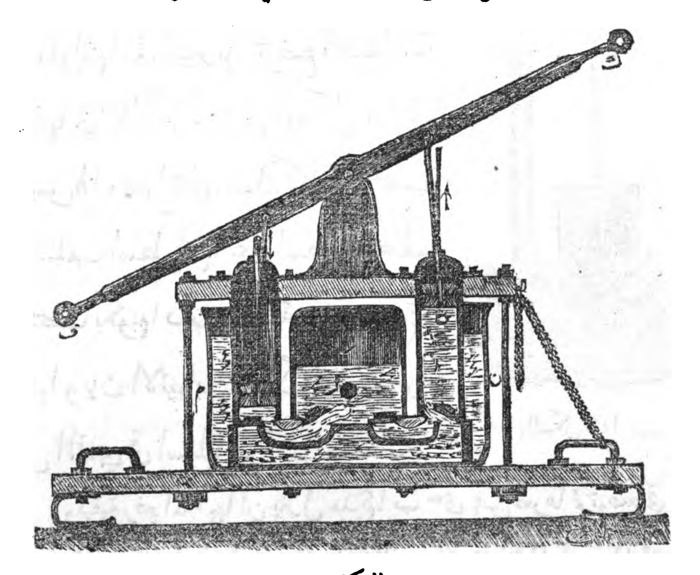
(١٨٠) واما طلمبا الضغط فلا يرتفع الماء فيها بضغط الهواء بل بضغط المدك . وليس لها انبوبة تنزل من اسطوانتها الى البير بل توضع الاسطوانة نفسها في الماء كما ترى في الشكل ١٠٩. وليس لها مصراع في المدك كطلمبا السحب وتختلف اسطوانتها عن اسطوانة طلمبا السحب بكونها ذات انبوبة د ومصراع و بينها وبين الانبوبة فضلاً عن المصراع س الذي في اسفلها

الشكل ١٠٩

وكيفيَّة رفع الماء بها ان ينزَّل مدكها ب حتى يمسّ قعرها ثم توضع في الماء ويُرفع المدك فيحمل الهواء ويترك ما تحتهُ من الاسطوانة فارغاً . فيرفع الماء المصراع س بضغطهِ له ويدخل منهُ الى الاسطوانة . ثم يُنزَّل المدك فيضغط الماء والماء يضغط المصراع س فيطبقهُ وينضغط هو بين المدك وقعر الاسطوانة حتى يرفع المصراع و الى الاعلى ويدخل انبوبة التفريغ فينصبّ منها الى حيث

براد . ويتوقف مقدار ارتفاع الماء في هذه الانبوبة على مقدار ضغط المدك فاذا كان ضغطهُ جَلَدًا واحدًا (١٥ ليبرا على القيراط المربع) ارتفع الماء ٣٤ قدمًا. واذا كان جلدَين (٣٠ ليبرا على القيراط المربع) ارتفع ٦٨ قدمًا . ولذلك يمكن رفع الماء بها من اي عمق أُريد بخلاف طلمبا السحب فانها لا ترفع الماء الاَّ من عمق ٢٨ قدمًا كما تقدَّم (عد ١٧٩)

ويتضح مما مرَّ ان الماء لا يرتفع في انبوبة التفريغ الاَّ عند تنزيل المدك وانهُ يبقى في مكانهِ عند رفعهِ . فمتى بلغ فم انبوبة التفريغ لا يتفرَّغ منها تفرُّغًا متواصلاً بل متقطعًا ولذلك تلافوا سدَّ هذا الخلل بوضع طلمبتين تدفعان الماء الى انبوبة واحدة بحيث انهُ متى نزل مدك الواحدة يُرفع مدك الاخرى على التوالي فيكون انصباب الماء من الانبوبة متواصلاً كما يشاهد في آلة النار



الشكل ١١٠

(١٨١) آلة النار * هذه الآلة مؤلفة من طلمبتين من طلمبا الضغط ن وم في الشكل ١١٠ ووعاء بينهما ر يشغلهُ الهواء

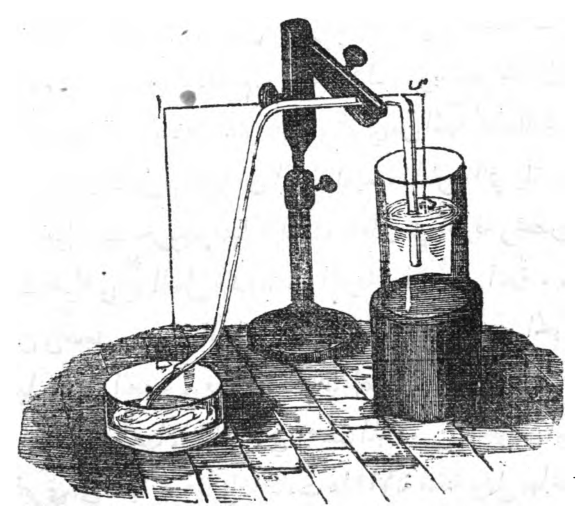
وتدخل حيَّة في ثقبهِ ز

وكيفية العمل بها ان ينزّل الطرف ف من الخشبة ف ك المتصلة بالمدكين م ون فينزل المدك م ويرتفع المدك ن ويندفع الماء الى الغرفة ر على ما تقدّم في طلمبا الضغط (عد ١٨٠) ويجري من الحيَّة الداخلة في ز . الاَّ ان جريانهُ يكون ابطأ من دخولهِ الى الغرفة لسبب المقاومة التي يلقاها من الحيَّة ومن الهواء عند خروجهِ منها فلذلك يتعالى في الغرفة وينحصر الهواء فيها فينضغط الهواء ويردُّ الفعل فيدفعهُ من الغرفة فينصبُّ من الحيَّة . واذا أُنزل المدك ن وأُصعد م يفعل الفعل المذكور نفسهُ ويُخرج الماء من الحيَّة فينصبّ الماء منها بانزال الخشبة ورفعها انصبابًا متواصلاً . ولا يخفى على الفطن كيفيَّة ترتيب المصاريع وفتحها واطباقها لكي تنسحب المياه من الحوض المغطَّس فيهِ الآلة وتجري الى الحيَّة * هذا واذا كانت هذه الآلة متقنة وعمل بها ثمانية رجال وثب الماء منها الى علوّ ١٠٠ قدم . وسميت آلة النار لانها تُستعمل لاطفاء البيوت المحترقة ونحوها

(١٨٣) المصّ * المصّ انبوبة معكوفة ذراعها الواحدة اقصر من ذراعها الاخرى ويستعمل لتفريغ السائلات من وعاء الى آخر ولاسيما اذا أُريد إزاقة الصافي منها عما يرسب فيهِ من العكر والكدر

وكيفيَّة العمل بهِ ان يملأ من السيَّال ثم يُسدّ طرفاهُ الى ان تُغمس ذراعهُ القصرى في السيَّال المراد تفريغهُ فيجري متفرّغًا من فوهة الذراع الطولى كما ترى في الشكل ١١١ . ويصحّ ايضًا ان تغمس الذراع القصرى في السيال بدون ان يملأ المصّ شيئًا ثم يمصّ الهواء من الذراع الطولى فيتفرّغ السيَّال منها الى الوعاء الآخر حتى ينخفض سطحهُ عن حرف الذراع القصرى او حتى يصير سطحهُ في الوعاء الواحد على مساواة سطحهِ في الوعاء الآخر

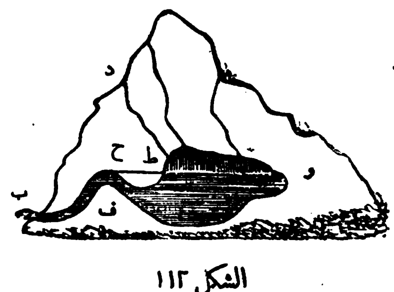
(١٨٣) تعليل المصّ * لنفرض ان الممصّ (انظر الشكل ١١١) مملوء



الشكل ١١١

ماء وان ذراعهُ القصرى مغموسة في الماء فلا يخفى ان ضغط الهواء لوجه الماء د المغموس فيها الذراع القصرى سند عمود الماء س د الذي فيها . فيكون الضغط على د الى الاعلى بقدر ثقل الجلَد الأ ثقل العمود س د من الماء . وكذلك ضغط الهواء على ب يسند العمود ا ب في الذراع الطولى فهو يساوي ثقل الجلَد الأ ثقل عمود من الماء غلظة غلظ العمود في الذراع الطولى وعلوّهُ علوّ ا ب . ثم ان س د اقصر من ا ب فيكون ضغط الهواء على د اعظم مما هو على ب بقدر الفرق بين طوليها فيندفع الماء الى الذراع الطولى بقوّة تساوي الفرق بين ضغط الهواء على الذراعين

(١٨٤) اليَنابيعُ المتقطعة * من الينابيع ما يجري ماؤُهُ مدّةً ثم ينقطع ثم يجري ثانيةً وينقطع وهلمّ جرًّا . وسبب تقطّع جريها كونها كالممصّ في شكلها كما يتضح من الشكل ١١٢ وهو صورة شطرٍ من جبلٍ قد قُدّ شطرين من قمتهِ الى سفحهِ . فليكن ف و حوضًا تتحلّب اليهِ المياه من اماكن متعدّدة من الجبل كما



الشكل ١١٢

ترى عند د وليكن ف ح ب مصرفًا له على شكل المصّ . فواضحٌ ان الماء لا يتفرّغ منهُ الاَّ متى صار على مساواة منحنى المصرف اعني متى صار على مساواة السطح و ط ح . وحينئذٍ يأخذ في الجريان ويدوم كذلك الى ان يهبط الى مساواة السطح المساوي ف فينقطع حتى يتجمع في الحوض ويصل الى السطح الاوّل فيجري ثانيةً حتى ينقطع وهكذا على التوالي

الشكل ١١٣

(١٨٥) كأْس تنتالُس * من الآلات التي يظهر عمل المصّ واضحًا فيها كاس تنتالس وهي كاسٌ ضمنها ممصّ كما في الشكل ١١٣ ذراعهُ الطولى خارجة من قعر الكاس وفوهة ذراعهِ القصرى واصلة الى قرب قعرها . فيصبُّ في الكاس ماء حتى يبلغ منحنى المصّ فيصعد في الذراع القصرى الى المنحنى ويجري منهُ وينصبُّ من فوهة الذراع الطولى حتى يتفرّغ كلهُ من الكاس بدوام ضغط الهواء على سطحهِ

الشكل ١١٤

(١٨٦) الدواة الهوائيّة * تُصنع هذه الدواة مسدودة الاَّ بلبلها فانهُ يكون مفتوحًا . ثم تُقلب قليلاً حتى يصير فم بلبلها الى فوق . ويصبُّ الحبر فيها حتى يملأ اكثرها ويستقرّ عند و في البلبل (الشكل ١١٤). فيكون سطحهُ في الدواة اعلى مما هو في البلبل لان الهواء المحصور في الدواة يضغط الحبر

الذي فيها اقلّ ما يضغط الجلدُ سطح الحبر الذي في البلبل ثم متى كُتب بالحبر ينخفض سطحهُ في البلبلة عن مساواة و فتدخل فاقعة هواء من البلبلة الى داخل الدواة وتزيد قوّة مرونة الهواء المحصور هناك فيضغط سطح الحبر حتى يخفضهُ في الدواة ويرفعهُ في البلبلة الى و . ولا يزال الهواء يفعل ذلك حتى ينخفض الحبر في الدواة الى مساواة و فتحبّر ثانيةً

الشكل ١١٥

(١٨٧) الطلمبا الضاغطة * هي آلة تُستعمل لضغط الهواء وغيرهِ من الغازات وهي عبارة عن اسطوانة ذات مدك يدخل فيها دخولاً محكماً كما ترى في الشكل ١١٥ وثقب ي في جانبها يقع اسفل المدك عند رفعهِ ومصراع م في اسفلها يفتح الى الاسفل كما هو مرسوم . وكيفيَّة العمل بها ان تُركَّب تركيباً محكماً على وعاء كالوعاء ر وينزل المدك فيها فيسوق الهواء امامهُ فيفتح الهواء المصراع م ويدخل الى الوعاء ثم يُرفع المدك فينطبق المصراع م بضغط الهواء لهُ من الاسفل وعدم وجود هواء فوقهُ اذ تفرَّغ الاسطوانة . وعند بلوغ المدك الى اعلاها يدخل الهواء من ي ويشغلها . ثم ينزّل المدك ثانيةً فيسوق الهواء امامهُ ويطردهُ الى ر ثم يرفع فيدخل الاسطوانة هواءٌ جديدٌ ويدام العمل على ما تقدَّم حتى ينضغط الهواء في ر بقدر ما يراد. فاذا كان في الوعاء ماء او سائل آخر وفتحت الحنفية د يخرج منها بزخمٍ قوي من ضغط الهواء لوجههِ

الشكل ١١٦

(١٨٨) نوفرة هيرو * هي مؤلفة من صحنٍ من النحاس ا في الشكل ١١٦ وكرتين س وب وانبوبةٍ د بين الصحن والكرة السفلى ب وانبوبة اخرى ل بين الكرتين وانبوبة ثالثة بين الصحن والكرة العليا . فتنزع هذه الانبوبة الثالثة ويصبُّ ماءٌ في الكرة س

حتى يمتلئ بعضها وتركب الانبوبة الثالثة ويصب الماء من الصحن فينزل الى الكرة السفلى ب جاريًا في الانبوبة الواصلة بينهما ويطرد بعضًا من هوائها الى الكرة س في الانبوبة الواصلة بينهما . فيضغط الهواء وجه الماء في س فيرتفع في الانبوبة الثالثة ويثب منها مندفعًا كما ترى في الشكل . وانما سميت هذه النوفرة نوفرة هيرو لان هيرو الاسكندري اخترعها في القرن الثاني قبل المسيح

(١٨٩) البلّون الهوائي * هو كرة فارغة تصنع من مادةٍ خفيفة وتملأ هواء سخنًا لطيفًا او هيدروجينًا فتخفّ اكثر من الهواء وتصعد . وكان اوّل اصطناعهِ وتجريبهِ في فرنسا سنة ١٧٨٣ وجُعل له في اسفلهِ فوهة تحتها قارب معلّق فيهِ ورق وعشب يابس مشتعل ليحمي الهواء فيدخل البلّون خفيفًا . فصعد كذلك الى علو ٢٠٠٠ برد ثم برد هواؤهُ فثقل وهبط سريعًا . ولما رأى الفرنسويون ذلك شرعوا في تحسينهِ فصنع استاذ منهم يسمى شارل بلونًا وملأهُ هيدروجينًا وصعد فيهِ الى اعالي الجوّ في سنة ١٧٨٣ ثم شاع استعماله وبرع فيهِ كثيرون

ومن اشهر الذين خدموا العلم بهِ كي لوساك فانهُ صعد فيهِ الى علو ٢٣ الف قدم عن مساواة سطح البحر حيث هبط البارومتر الى ١٢٫٦ القيراط ولطف الهواء جدًّا وقرس البرد واشتدّ الجفاف واسرع التنفّس ودوران الدم في كي لوساك من شدّة لطافة الهواء حتى صار نبضهُ يضرب ١٢٠ ضربة في الدقيقة عوضًا عن ٦٦ ضربة كما هو المعتاد . ورأى لون الجلَد من هناك ازرق قاتمًا جدًّا * والعلّامة كليشر فانهُ صعد مع آخر في سنة ١٨٦١ الى ما بين ٣٦٠٠٠ و ٣٧٠٠٠ قدم من الارتفاع حيث هبط البارومتر الى ٧ قراريط ولطف الهواء الى الغاية واشتدّ البرد جدًّا (١٦° س تحت الصفر) فأُغمي عليهِ ولم يعد يستطيع الرصد

ويصنع البلّون الآن من الحرير ويطلى بطلاء يمنع الهواء من نفوذهِ ثم يملأ بالهيدروجين او بغاز الفحم ويُعلّق بهِ قارب يجلس فيهِ من يركب البلّون ويوصل بالقارب راية ومرساة . ويطلق البلّون فيصعد الى ان يبلغ علوًّا يخفّ الهواء

عندهُ فلا يعود يحملهُ فيقف هناك حتى تسوقهُ مجاري الرياح . ويعلم الراكب حينئذٍ اذا كان صاعدًا او نازلاً من ارتفاع البارومتر وهبوطهِ. فاذا اراد الهبوط شدّ حبلاً فينفتح مصراعًا في البلون فيخرج منهُ قليل من الغاز فيهبط . واذا اراد ان يجعل هبوطهُ بطيئًا اوان يرتفع ثانيةً يفرّغ من قاربهِ اكياسًا من الرمل يحملها معهُ لذلك . ويتسهّل هبوطهُ بواسطة المرساة فانها متى علقت بجسمٍ وشدّ الراكب بحبلها ينزل البلون الى الارض

هذا وقد استعملوا البلونات لتجسّس حركات العدو كما فعل الاميركانيون في حربهم الاهلية وكما فعل الفرنساويون في حصار باريز . فهذا مع مراقبة اعالي الجلد جميع ما انتفعوا بهِ الى الآن

(١٩٠) الواقية * هي عبارة عن قطعة قماش كبيرة مستديرة قطرها نحو ١٦ قدمًا تشدّ على قضبان كما تشدّ المظلّة . فاذا نزلت في الهواء انفتحت . ويُجعَل في وسطها فتحة حتى يخرج منها الهواء المنضغط تحتها وهي نازلة نزولاً سريعًا فلا تهتزّ الى هنا ولا الى هناك . وهي توصل بالبلون والقارب معًا فاذا اصابت البلون مصيبة قطع الراكب الحبل المتصلة بهِ فتنزل بهِ نزولاً سريعًا فيقاومها الهواء فتنتفخ فوقهُ كالمظلّة فينزل رويدًا رويدًا الى الارض متقيًا شرّ السقوط ولذلك سميناها بالواقية

(١٩١) المنفاخ * المنفاخ آلة معروفة وهو اشكال جميعها مبنيّة على ضغط الهواء وبيان ذلك ان يوضع في احدى عارضتيهِ مصراع فمتى ابعدت العارضةُ العارضةَ الاخرى عنها اي انفتح المنفاخ ينفتح المصراع فيدخل الهواء منهُ ويملأ المنفاخ ومتى انطبق المنفاخ ينطبق المصراع فيخرج الهواء من فم المنفاخ

(١٩٢) الخاتمة * تتسلّط على الهواء ثلاث قوّات واحدة منها ضدّ ثنتين. وهذه الثلاث هي قوّة جاذبية الثقل التي بها يلصق الهواء بالارض والقوّة الدافعة عن المركز وقوّة الدفع بين الدقائق وهي القوّة الناتجة عن الحرارة وهاتان القوتان هما اللتان بهما يطلب الهواء الابتعاد عن الارض كأنّ تحتهُ دافعًا

يدفعهٔ عنها فلولا الجاذبية لفرّ الهواء عن الارض ونأه في نواحي الفضاء

واعلم انهٔ لما رأى القدماء ان الهواء يقتحم ليشغل الاماكن الفارغة علّلوا ذلك بقولهم "ان الطبيعة تكره الفراغ" وعليهِ جرى المتأخرون في عمل آلاتهم حتى اذ كانوا يحفرون بيرًا بقرب فلورنسا بايطاليا في القرن السابع عشر حاروا في امرهم لان الماء لم يصعد معهم الى علو المصراع السفلي في طلمبا السحب . فسألوا الفيلسوف غليليو عن سبب ذلك فقال لهم مازحًا ان الطبيعة لا تكره الفراغ فوق ٣٤ قدمًا فكان مزحهُ عين الصواب

(١٩٣) مسائل للتمرين * (١) كم وزن عشر اقدام مكعبة من الهواء . (٢) كم ضغط الهواء لقصبة مربعة من الارض (القصبة ١٦½ قدم) . كم ضغط الهواء لكاسين من كوُوس مكدبرج قطر كلٍّ منها اربعة قراريط . (٤) اذا كان ارتفاع عمود الزئبق ٢٨ قيراطًا فكم قدمًا يكون ارتفاع عمود يوازنهٔ من الماء . (٥) كم يكون جرم ١٠٠ قيراط مكعّب من الهواء تحت ضغط جلدَين (٣٠ ليبرا على القيراط المربّع) . (٦) اذا رفعنا الذراع الطولى من المصّ سريعًا والماء جارٍ فيهِ فالى اين يجري . (٧) اذا رفعنا المصّ كلهُ كذلك فكيف يجري الماء . (٨) ارتفاع الزئبق في البارومتر ٢٩½ قيراط فعلى اي علوّ يمكن وضع المصراع السفلي من طلمبا السحب . (٩) لماذا لا نقدر على رفع الماء بالمص الى اعلى من سطحهِ . (١٠) اذا انضغط الهواء في وعائهِ من آلة النار حتى صار ١/١٦ من جرمهِ الاوّل فكم يكون ضغطهُ لكل قيراط مربع من الوعاء . (١١) لماذا تتصاعد الفواقع من قدح الشاي اذا أُلقيت فيهِ قطعة سكّر . (١٢) الى اي علوّ يرتفع البلون . وكم من الثقل يحمل . (١٣) ان الهواء يخفّ فيهبط الزئبق في البارومتر عند اضطراب الطقس ويثقل فيعلو الزئبق عند صحوهِ فما سبب ذلك . ج . لانهُ في الصحو تمتزج الرطوبة بالهواء بصورة بخار غير منظور فتزيد ضغطهُ فيعلو البارومتر واما في النوء فتنفصل الرطوبة عن الهواء وتتحوّل الى سحاب ومطر ونحوها فيخفّ الهواء فيهبط البارومتر . (١٤) أَيكون الهواء لطيفًا ام كثيفًا اذا

صعد الدخان من المدخنة صعودًا عموديًّا . (١٥) لماذا لانشعر بثقل الهواء علينا. (١٦) هل تكون القنينة فارغة وهي ملآنة هواء. (١٧) لماذا يُستثقل المشي في الاوحال الدلغانية . ج . لان الهواء يكاد يتفرّغ من تحت اقدامنا فيقلّ ضغطة لبواطنها من الاسفل ولذلك نشعر بثقلهِ عليها من الاعلى . (١٨) كيف يؤثر تغيّر كثافة الهواء في الذين يصعدون في البلون الى علوّ عظيم او الذين يصعدون على قمم الجبال الشامخة . (١٩) كيف يؤثر تغيّر كثافة الهواء في الذين يغوصون بناقوس الغوّاصين. (٢٠) على اي مبدإ يمكنك مصّ القطر بفصلة . (٢١) قد يتعطل المنفاخ وهو جديد فما هو سبب ذلك. (٢٢) لماذا ينطفئ القنديل اذا سددتَ فم زجاجته. (٢٣) لماذا يستصعب الانسان قطع النفس طويلاً .

(٢٤) اذا ملأت قنينة ضيقة العنق ماء وقلبتها بسرعة فلماذا لا ينصبّ الماء منها. (٢٥) هل يلزم ان تكون انبوبة البارومتر متساوية الثخن في كل اقسامها . ولماذا . (٢٦) لماذا لا يدخل الماء الجرّة اذا قُلبت فيها على فمها .



الباب السابع

في السّمعيّات

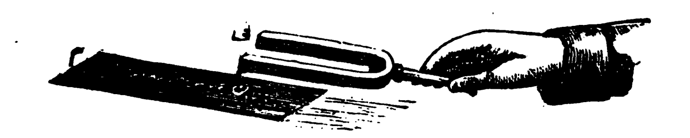
الفصل الاول

في الصوت وانتقالهِ

(١٩٤) تمهيدٌ * السمعيّات فنٌّ يبحث فيهِ عن الصوت ونواميسهِ

قبل التكلم عن الصوت نقول: اتفق علماء هذا الفن على ان دقائق الاجسام متحركة على الدوام والذي حملهم على الاتفاق على ذلك هو سهولة تعليل الحوادث الطبيعية بهِ وليس انهم شاهدوا حركة الدقائق او اثبتوها بالبرهان القاطع . ولكنهم لا يعرفون شكل تلك الحركة فربما كانت في خطوط مستقيمة او منحنية ذهابًا وايابًا وربما كانت دائرية فتتحرك بها الدقيقة حول محورها او حول غيرها وربما كانت ناتجة من هذه الحركات كلها معًا او من بعضها . فاذا وقعت هذه الحركة او هذه الاهتزازات على الاذن حصل منها الصوت واذا وقعت على العين حصل منها النور واذا وقعت على الاعضاء اللامسة حصلت منها الحرارة وذلك بشرط ان تكون على درجات معلومة من السرعة فيتنوّع ادراك النفس لهذه الاهتزازات بحسب القوى التي بثها الله في مشاعر الانسان

(١٩٥) الصوت * الصوت اهتزازٌ في دقائق الاجسام ينتقل الى الاذن فتشعر بهِ. والدلائل على ذلك كثيرة منها: اننا اذا ملأنا كأسًا من الزجاج ماء الى نصفها وبللنا اصابعنا بالماء وفركنا جوانب الكأس حتى تصوّت رأينا ان الماء يضطرب فيها حينئذٍ قليلاً وما ذلك الاَّ من اهتزاز دقائقها. واذا قرعنا جرسًا او جسمًا آخر حتى يرنَّ ولمسناهُ بالانامل شعرنا باهتزازٍ واضحٍ فيهِ. واذا شددنا وترًا وجررنا عليهِ قضيبًا اهتزَّ واسمع لاهتزازهِ صوتًا.



الشكل ١١٧

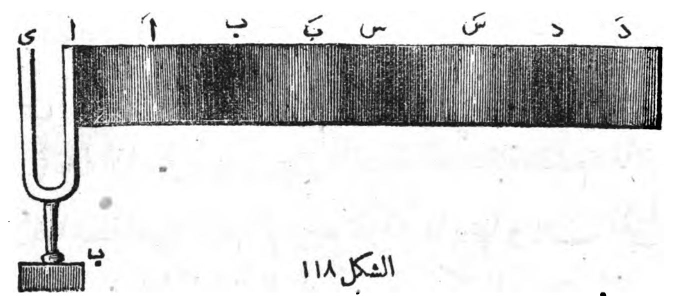
واذا ضربنا مقياس القرار بجسمٍ صلب تهتزُّ دقائقهُ فيحدث من اهتزازها صوتٌ رنَّان. ثم اذا ادنيناهُ من وجوهنا شعرنا بنسيمات الهواء التي يدفعها باهتزازهِ واذا وضعنا مقبضهُ بين اسناننا شعرنا باهتزازهِ جيدًا. واذا وصلنا قطعة من المعدن محدَّدة الرأس بشعبة من شعبتيهِ كما في الشكل ١١٧ ثم سحبناهُ على وجه زجاجة مدخَّنة يرسم خطًّا متعرّجًا يدلُّ على اهتزازاتهِ وعلى عرض كلّ منها من طرف تعريجةٍ الى طرفها الآخر

فيتضح من هذه التجارب وامثالها ان الاجسام اذا قُرعت تهتزّ دقائقها فيحدث الصوت من اهتزازها. ويُسمى الجسم المهتزّ المحدث للصوت الجسم الصائت والجسم الناقل الصوت الى الاذن وهو الهواء غالبًا الموصل . ويكون مرنًا دائمًا . فاذا قرعنا جرسًا فالجرس هو الصائت والهواء الموصل .

(١٩٦) انتقال الصوت في الهواء * قلنا ان الصوت يحدث من اهتزاز دقائق الاجسام وان موصلهُ يكون مرنًا دائمًا فانتقالهُ في هذا الموصل لابدَّ ان يكون بتموّج دقائقهِ . ويتضح ذلك من مقياس القرار والقطعة المحدَّدة المتصلة باحدى شعبتيهِ (الشكل ١١٧) فانهُ اذا رنّ المقياس تهتزّ القطعة المحدَّدة فتتقدَّم دقائقها قليلًا ضاغطةً الهواء امامها ثم ترجع تاركةً ما بينها وبين الهواء المضغوط هواء لطيفًا ولا تزال تتقدَّم وترجع كذلك حتى لا تعود اهتزازاتها كافية لاحداث الصوت .

فيحدث من كل اهتزازةٍ من اهتزازاتها موجةٌ من امواج الصوت. وهذه الموجة مؤلفة من هواء متكاثف وهواء متلطّف . فينزّل الهواء المتكاثف من موجة الصوت منزلة رأس الموجة من موجة الماء (١٥٤) وينزّل الهواء المتلطّف منها منزلة المطمئنّ من موجة الماء . ويقاس طول موجة الصوت من تكاثف الى تكاثف او من تلطّف الى تلطّف . ترى صورة امواج الهواء في الشكل ١١٨ فالاجزاء الحالكة السواد ا ب س د تدلُّ على التكاثفات من الامواج والاجزاء الخفيفة السواد اَ بَ سَ دَ تدل على التلطفات منها * اذا

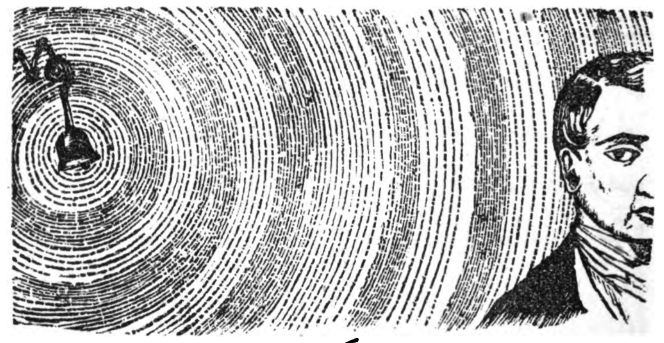
اطلق المدفع فالغازات التي تتولد من البارود تتبدَّد بغتةً فتضغط الهواء الذي حولها حتى يصير كأنهُ كرة مجوَّفة باطنها فارغ ومحيطها هواء متكاثف . وهذه الكرة تضغط الهواء الذي حولها فتصيّرهُ كرة مجوَّفة اكبر منها وترجع في برونتها فتصير لطيفة : والكرة الثانية تضغط الهواء الذي حولها ايضاً فتصيّرهُ كرة اكبر منها وترجع في برونتها وتتلطف فينتقل صوت المدفع بتموّج الهواء تموجات متكاثفة فمتلاطفة حتى تزول. غير ان دقائق الهواء لا تنتقل من مكانها بالتموّج الّا قليلاً كما ان دقائق الماء لا تنتقل في الامواج من مكانها الّا بقدر علوّ الموجة (عد ١٥٣) اما دقائق الماء فتتحرك تحركًا سمتيًّا اي طالعًا ونازلاً واما دقائق الهواء فتتحرَّك تحركًا افقيًّا اي انها تتقدَّم وتتأخر في جهة التموُّج ولا ترتفع وتهبط



الشكل ١١٨

واذا دُق الجرس يهتزُّ دقائقهُ فتتقدم قليلاً وتدفع الهواء المباشر لها وتضغطهُ فتكثّفهُ . ثم ترجع فيلحقها قسم من دقائق الهواء الملامسة لها فقط ولذلك يكون بينها وبين الهواء المتكاثف هواء متلطّف فيحصل منها موجة قسم متلطّف وهو الملامس لدقائق الجرس وقسم متكاثف وهو ما يليهِ . وهذا القسم المتكاثف يتقدَّم قليلاً فيضغط الهواء المباشر لهُ ويكثّفهُ ثم يرجع هو ويتلطّف فيحصل من ذلك موجة اخرى قسم منها كثيف وقسم لطيف . وعلى ما تقدَّم ينتقل صوت الجرس بهواء يتكاثف تارةً ويتلطف اخرى الشكل ١١٨ حتى يصل الى الاذن فتشعر بهِ * واذا تكلمنا لا نلفظ الهواء من الرئتين الى اذن السامع وانما نكثّف بهِ الهواء المباشر لافواهنا وهذا يكثّف ما حولهُ فيحدث من ذلك امواج صوتيّة

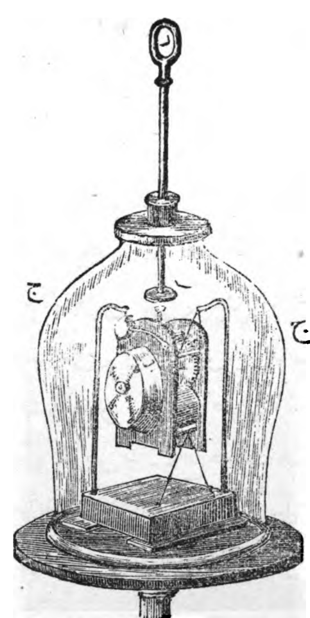
مستديرة تنتقل حتى تقع على آذان السامعين فيسمعون كلامنا . وهذه الامواج مستديرة مثل الامواج المستديرة التي تحدث في الماء من القاء الحجر فيهِ



الشكل ١١٩

(١٩٧) الصوت في الفراغ * اذا لم يكن موصل بين الجسم المهتزّ والاذن فلا يُسمع لهُ صوت .

ولذلك اذا دقَّ الجرس في وعاء قد تفرَّغ الهواء منهُ لم يُسمع صوت رنينهِ مع انهُ يهتزّ والهواء لا يزال موجودًا خارج الوعاء



الشكل ١٢٠

وهذه صورة آلة يمتحنون بها ذلك (الشكل ١٢٠) وهي قابلة من الزجاج ج ج داخلها جرس ب ودواليب فتحرّك الدواليب بالقضيب ر وترنُّ الجرس . فاذا تفرّغ الهواء حينئذٍ من القابلة بمفرّغة الهواء لم يسمع للجرس الاَّ صوت خفيف ولو وضعت الاذن بلصق

القابلة. وكلما تلطف هواء القابلة بتفريغهِ منها ضعف الصوت حتى ينقطع تماماً في الفراغ الكامل ولذلك لا يصل صوت النجوم (١) الى الارض فتجري الدراري في افلاكها "ولا يسمع صوتهم" كما قال داود النبي . وقيل ان صوت البندقية على راس الجبل الابيض ليس اقوى من طقطقة الحجر وانهُ يعسر التكلم عليهِ لان الناس لا يسمعون بعضهم بعضاً هناك الاَّ بالصوت الجهير من لطافة الهواء وكلما تكاثف الهواء اشتدَّ الصوت فالذين ينزلون الى المناجم العميقة او يغوصون في نافوس الغوَّاصين لا يطيقون الكلام ولو وشوشةً لاشتداد الصوت عندهم من كثافة الهواء

(١٩٨) انتقال الصوت في السائلات والجوامد * ان الهواء هو موصل الصوت الى الاذن غالباً وانما قلنا غالباً لانهُ قد يوصل بغيرهِ اذ جميع المواد المرنة غازيةً كانت او سائلة او جامدة تصلح لنقلهِ كما يتضح مما يأتي

اذا فرَّغنا القابلة المذكورة (عد ١٩٧) من الهواء حتى لا يسمع صوت رنين الجرس فيها ثم عدنا فملأناها غازاً ايًّا كان سمعنا رنين الجرس . وكذلك اذا قرعنا حجرين في الماء سمعنا صوت قرعهما جليًّا . واذا غاص غائص في البحر وقُرِع لهُ جرس عن بعد في الماء سمع صوتهُ . واذا خُمِش بالقلم على طرف قضيب من الخشب او الحديد وجلس رجل يتسمَّع على الطرف الآخر يسمع صوت الخمش ولو كان طول القضيب ٣٥ ذراعاً . وكذلك من يضع اذنهُ بلصق الارض ليلاً يسمع صوت همس الاقدام عن بعد والظاهر ان الكلب يشعر بقدوم الاشخاص من بعيد من وضع اذنهِ بلصق الارض . وكذلك اصوات البراكين تُسمع عن بُعد عظيم بانتقالها في الارض الجامدة

---

(١) ويحتمل ان يكون بين السيارات مادة على غاية اللطافة فلا تسمع صوتنا . وفي مسئلة لم يزل الخلاف جارياً فيها

(١٩٩) سرعة الصوت على الاطلاق * تتوقف سرعة الصوت على مرونة وكثافة الوسط الذي ينتقل فيهِ. فكلما زادت مرونة الوسط اسرعت امواج الصوت في الانتقال فيهِ لان المرونة تعمل في الدقائق عمل الزنبرك المشدود . وكلما زادت كثافتهُ كثرت الدقائق المهتزَّة فتبطئ امواج الصوت في الانتقال فيهِ . ويصحُّ ما تقدَّم على جميع الاجسام كما سترى

(٢٠٠) سرعة الصوت في الهواء * كلما بعدت المسافة بيننا وبين الجسم الصائت تباطأ الصوت في الوصول الينا . فاذا وقفنا بجانب قطَّاع حطب سمعنا صوت الفأس حال وقوعها على الحطبة واما اذا ابتعدنا عنهُ فنرى الفأس تقع على الحطبة اولاً ثم نسمع صوتها بُعيد ذلك. واذا أُطلق مدفع بجانبنا رأينا نور اطلاقهِ حالما نسمع صوتهُ واما اذا أُطلق بعيدًا عنا فنرى نورهُ اولاً ثم نسمع صوتهُ لان الصوت يحتاج الى زمان حتى يصل من المدفع الينا واما الضوء فلا . وقد وجدوا بالتجربة ان سرعة الصوت في الهواء ١٠٩٠ قدمًا في الثانية اذا كانت حرارة الهواء على درجة الجليد (٣٢° فارنهيت)

وتزيد سرعة الصوت كلما زادت حرارة الهواء لان الحرارة تقلل كثافة الهواء ولذلك يزيد الصوت سرعةً في ايام الحرّ عما يكون في ايام البرد . ومقدار هذه الزيادة نحو قدم واحدة كلما زادت الحرارة درجةً واحدة بترمومتر فارنهيت .

هذا ولما كانت سرعة الصوت تقلُّ في الاجسام الكثيفة وتزيد في اللطيفة فسرعته في غاز الحامض الكربونيك ٨٤٦ قدمًا وفي الاكسجين ١٠٤٠ قدمًا وفي الهيدروجين ٤٦٢٣ قدمًا. وكلها في الثانية اذا كانت حرارة الهواء على درجة الجليد

(٢٠١) سرعة الصوت في السوائل والجوامد * سرعتهُ في الماء ٤٧٠٨ اقدام في الثانية. ولو كانت مرونة الماء كمرونة الهواء لكانت سرعة الصوت فيهِ اقلَّ من سرعتهِ في الهواء لان الماء اكثف منهُ. ولكن مرونة الماء اقلُّ من مرونة الهواء بمقدار يجعل سرعة الصوت فيهِ اكثر من اربعة اضعاف سرعتهِ في الهواء. واما سرعة الصوت في الجوامد فاعظم من سرعتهِ في الهواء ويتضح ذلك مما اذا وضع انسان اذنهُ على طرف قضيب من الحديد وضرب انسان آخر طرفهُ الثاني بمطرقة فيسمع المصغي صوتين متعاقبين الاوَّل آتيًا على الحديد والثاني على الهواء

وقد وجدوا سرعة الصوت في الحديد ١٦٨٠٠ قدم وفي النحاس ١١٦٠٠ قدم (نحو عشرة امثال سرعتهِ في الهواء) وفي السنديان ١٠٩٠٠ قدم وكلها في الثانية

(٢٠٢) ان سرعة كل الاصوات متساوية * كل الاصوات المنتقلة على موصل واحد تنتقل بسرعة واحدة سواءٌ كانت عالية او منخفضة حادَّة او لينة. ودليل ذلك اننا نسمع اللحن عن بعد بجميع انغامهِ كما نسمعهُ عن قرب ويبقى الطنين فيهِ واحدًا مهما تعدَّدت اصوات المغنين وزاد البعد. وامتحن ذلك ايضًا بأن غنَّى

بعضهم بالفلوت عند طرف انبوبة طولها اكثر من نصف ميل واصغى آخرون عند طرفها الآخر فلم يجدوا في اللحن اختلاطًا ولا اضطرابًا . وعليهِ قيل ان قصيف الرعد لا يسبق في السرعة وشوشة الطفل ولا دندنة النحلة

الا ان هذا الحكم لم يثبت بالاستقراء والظاهر انهُ لا يصحُّ اطلاقهُ . قال مَلِت انهُ حشا الارض التي لبرا من البارود واطلقها فكانت سرعة صوتها ٩٦٧ قدمًا في الثانية ثم حشاها اثني عشر الف لبرا فكانت سرعتهُ ١٢١٠ اقدام في الثانية . وقال القبطان بري كنت يومًا بعيدًا عن السفينة ونحن مسافرون نحو القطب فسمعت صوت إطلاق مدفع الغروب ثم سمعت صوت الآمر باطلاقهِ اه . فذلك يدلُّ على ان الصوت الشديد يسبق الضعيف خلافًا لما تقدَّم

(٢٠٣) استعلام البعد من سرعة الصوت * قلنا ان سرعة الصوت في الهواء ١٠٩٠ قدمًا في الثانية (عد ٢٠٠) فاذا رأينا فأس الحطَّاب تقع على الحطب ثم سمعنا صوتها بعدُ بثانية علمنا ان الحطَّاب يبعد عنا الفًا وتسعين قدمًا * واذا رأينا البرق ثم سمعنا الرعد بعدهُ بخمس ثوانٍ علمنا ان الصاعقة نزلت على بعد ٥×١٠٩٠=٥٤٥٠ قدمًا

نستعلمَ الثواني التي تمرُّ بين وميض البرق وهزيم الرعد من عقرب الثواني في الساعة او من ضربات النبض . والمعتاد ان تحسب سرعة الهواء ١١٣٠ قدمًا في الثانية لان هذه سرعتهُ على درجة ٦١° ف وهي معدَّل حرارة الهواء تقريبًا . ويندر ان تكون حرارة الهواء على درجة الجليد

(٢٠٤) شدَّة الصوت * ان شدَّة الصوت تزيد وتنقص على

ما يأتي : اوّلاً . ان شدّة الصوت متوقفة على سعة اهتزازهِ

سعة الاهتزاز هي الفسحة التي تتحرّك فيها دقائق الجسم الصائت ذهابًا وايابًا وهذه كلما زادت زادت سرعة الدقائق كما ان سعة الرقّاص كلما زادت زادت سرعة خطرانهِ . وكلما زادت سرعة الدقائق زاد زخمها لان زخم الجسم يساوي سرعتهُ في ثقلهِ (عد ٧٠) وشدّة الصوت انما هي عبارة عن مصادمة دقائق الهواء لاذن السامع بزخمٍ عظيم. فاذًا اذا زادت سعة الاهتزازات زادت شدّة الصوت واذا صغرت السعة ضعف الصوت * ثم ان دقائق الهواء تكون على قمم الجبال الشامخة اقلّ مما تكون على سفوحها لان هواء القمم الطف من هواء السفوح . فاذا انتقل الصوت على هواء القمم الشامخة لا يصيب الاذن الاّ دقائق قليلة من دقائق الهواء فيكون زخمها ضعيفًا والصوت كذلك

ثانيًا . ان شدّة الصوت تقلّ بقدر ما يزيد مربع البعد عن الجسم الصائت

وذلك لان الصوت ينتقل في امواج كالكرات المجوَّفة (عد ١٩٦) فكلما كبرت الكرة كثرت الدقائق التي يلزم هزّها فيها فتضعف الاهتزازات لان عين القوّة التي في القرب تحرّك الدقائق القليلة في الكرة الصغيرة تتوزّع في البعد على الدقائق الكثيرة في الكرة الكبيرة . ويبرهَن في الهندسة ان سطوح الكرات مناسبةٌ لمربّعات انصاف اقطارها . ونصف قطر كرة الصوت هو بعدها عن الجسم الصائت الذي يحسب مركزًا لها . فاذًا القوّة التي تصدم بها دقائق الهواء المهتزّة آذاننا تقلّ كزيادة مربّع بعدنا عن مصدر الصوت الذي اهتزّت بهِ. اي ان شدّة الصوت تقلّ كزيادة مربّع بعدنا عن الجسم الصائت[1]

(١) ان الجاذبية والنور والحرارة تجري مجرى الصوت ايضًا فتنقص بزيادة مربع البعد . فما يصدق على احدها من هذا القبيل يصدق على الآخر . ويستدل من تواميسها بالادلة البينة على ان واضعها واحد ويجري فيها على سنن واحد

ويتضح هذا الحكم بالتجربة ايضًا فاذا صنعنا خمسة اجراس من حجمٍ واحد وصوت واحد ووضعنا اربعة منها على بعد ٢٠ ذراعًا عنا وواحدًا على بعد عشر اذرع وقرعناها وجدنا صوت القريب منها يساوي اصوات الاربعة الأُخر في الشدَّة . وذلك لان بعدها مضاعف بعدهِ وصوتها يضعف بقدر مربع ذلك المضاعف اي ٢^٢ = ٤ اعني ان صوت الجرس الواحد منها يساوي ربع صوت الجرس القريب فصوت الاربعة معًا يساوي صوتهُ

ثالثًا . ان شدَّة الصوت تتغيَّر بحسب حركة الهواء واتجاه الريح

فاذا كان الهواء هادئًا سهل انتقال الصوت فيهِ اكثر مما لو تحرَّك . واذا كان متحركًا اشتدَّ الصوت في جهة الريح فاذا خاطب شخصٌ شخصين حينئذٍ الواحد على جانب منهُ والآخر على الجانب الآخر وكلاهما على بعدٍ واحدٍ منهُ كان صوتهُ اشدَّ عند الذي تحمل الريح الكلام اليهِ

رابعًا . ان شدَّة الصوت تتوقف على قرب الجسم الصائت من الاجسام الرنَّانة

فاذا جعلنا خيطًا يهتزّ في الهواء بدون ان يقارب جسمًا رنَّانًا كان صوتهُ ضعيفًا واما اذا جعلناهُ يهتزّ بقرب قيثار او رباب اسمع صوتًا شديدًا

(٢٠٥) انابيب التكلم * هي انابيب توضع في الابنية الكبيرة بين غرفةٍ واخرى حتى اذا اراد الانسان ان يكلم غيرهُ بكلمةٍ وهو في مكانهِ بوضع فمهِ على فم الانبوبة فيسمعهُ الآخر بوضع اذنهِ على فمها الآخر . والسبب في وصول الصوت الى اذن السامع انهُ يُحصر في الانبوبة فلا يتبدَّد ولا تقلُّ شدَّتهُ بل يجري الى ابعد مما يجري بدونها . قال بيو انهُ كان يتكلَّم مع غيرهِ في انبوبة طولها ٣١٢٠ قدمًا بباريس ويسمع اضعف الاصوات

(٢٠٦) القُرَين السمعي وقُرَين التكلم والمستقصية * القُرَين السمعي انبوبة

تنتشر من الاسفل كالجرس يضعها الثقيلو السمع على آذانهم فتجمع اليها امواج الصوت وتزيد شدَّتهُ فيسمعونهُ (الشكل ١٢١) وقرين التكلم هو بوق العسكر المعروف بالنفير و يوصل الصوت الى بعيد لانهُ يقوّيهِ بسبب اهتزاز دقائق الهواء فيهِ او انعكاس امواج الصوت عن جدرانهِ وخروجها منهُ في خطوط موازية لمحورهِ *

الشكل ١٢١

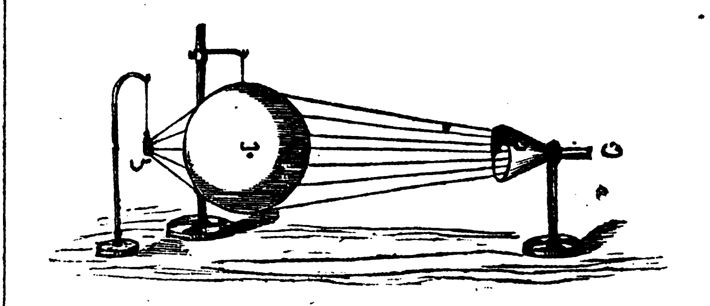
والمستفصية من اجود الآلات السمعيَّة وهي اسطوانة من الخشب القاسي طولها نحو قدم وعرضها عند طرفها الواحد ١¼ قيراط ومثقوبة من الطرف الواحد الى الآخر. فيضع الطبيب طرفًا منها على موضع المرض من المريض والطرف الآخر على اذنهِ فيعرف من الصوت الذي يسمعهُ بها وجود البوَر في الصدر

الفصل الثاني

في انكسار الصوت وانعكاسهِ

(٢٠٧) انكسار الصوت * اذا نفذت موجة من امواج الصوت سطحين او اكثر كما اذا نفذت الماء ثم الهواء مائلة عليها انحرفت عن طريقها الأوَّل وسارت في طريق أُخرى كأنَّها انكسرت عن استقامتها . وذلك ما يقال لهُ انكسار الصوت . وعليهِ يمكن تكسير الصوت وجمعهُ في نقطة واحدة كما نرى

خذ زقًّا مستديرًا من المغيط الرقيق ب في الشكل ١٢٢ واملأهُ غاز



الشكل ١٢٢

الحامض الكربونيك ثم علّق تجاههُ ساعةً س وضع قبالتهُ على الجانب الآخر قمعًا ف وضع اذنك على طرف القمع عند ف فتسمع تكة الساعة هناك فقط .

وإذا رفعت اذنك او خفضتها انقطع الصوت عنك وذلك لان صوت الساعة انتقل في الهواء حتى اصاب الزق فلما نفذهُ ونفذ غاز الحامض الكربونيك الذي فيهِ انكسر فانحرف عن طريقهِ واجتمع اخيرًا في ف ودخل الاذن عند فَ كما ترى في الخطوط الخارجة من س قبل وقوعها على الزق وبعد خروجها منهُ

(٢٠٨) انعكاس الصوت * قد تقدَّم ان الصوت ينتقل في الهواء على شكل الكرات المجوَّفة (عد ١٩٦) فاذا لم يعرض لهذه الكرات عارض لاتزال تتسع حتى تمحي. واما اذا عارضها حاجز فانهُ يصدُّها عن السَّير فترجع عن طريقها الاولى منعكسة عنهُ وتسير في دوائر مركزها خلف ذلك الحاجز. كما ان كرة العاج ترجع منعكسةً اذا صدمت حائطًا. وذلك ما يقال لهُ انعكاس الصوت وهو يجري على ناموس انعكاس الحركة اعني ان زاوية الوقوع تساوي زاوية الانعكاس. ويتضح ذلك مما يأتي من الامثلة

روى العلاَّمة تندل ان اهل هليغولند اقاموا جرسًا على تلّ بعيد عن مدينتهم فلم يستطيعوا سمع صوتهِ فوضعوا خلفهُ مرآة[1] تعكس صوتهُ نحو المدينة فصاروا يسمعونهُ واضحًا . ويجري مجرى هذه المرآة القبب والسقوف والجدران المقعرة التي تبنى في الكنائس والجوامع ونحوها لتعكس صوت المتكلم نحو السامعين بدون ان يتبدَّد * ومما يُذكر هنا ما رواهُ العلاَّمة يوحنا هرشل عن كنيسة في

(١) ليس المراد من المرآة هنا الجسم المعهود من الزجاج وانما المراد بها جسمٌ من النحاس او نحوهِ مقعرٌ حتى يعكس الصوت ويجمعهُ في بقعة واحدة تسمى في الاصطلاح محترقًا او بورة

سيسيليا وهو ان قبتها كانت مبنية بحيث تعكس كل ما يقال في محلّ الاعتراف الى بقعةٍ بعيدة عنهُ . وكان بناه ذلك عن غير قصد . فاتفق ذات يوم ان رجلاً اكتشفهُ فجعل يتردّد هو ورفقاؤهُ الى البقعة ويسمعون فيها اعترافات المعترفين فاتت زوجتهُ يوماً لتعترف وكان هو ورفقاؤهُ يسمعون كجاري عادتهم فسمع منها اموراً لم تخطر لهُ على بال فانصرف وقد اصابهُ من الكمد والغيظ ما زاد عن انشراحهِ باكتشافهِ * وعلى هذا النمط بني ديونيسيوس الظالم ملك سرقوسة سجنهُ المعروف بأُذن ديونيسيوس لانهُ كان ينقل الى أُذنهِ كل ما يتكلم بهِ المسجونون فيهِ * ومثلهُ غرف الوشوشة وهي غرف مصنوعة على شكل اهليلجي حتى انهُ اذا وقف شخصان في محترقين منها ووشوش الواحد الآخر فهم كلامهُ والذين بينهما لا يسمعون شيئاً منهُ . يوجد منها في باريس ونيويورك ووشنطون * وعليهِ اذا كان سطحان مقعَّران ككهفين في بستان او عقدين على جانبي سوق فقد يمكن للذين يقفون في بؤرتيهما ان يوشوشوا بعضهم بعضاً وغيرهم يصرخ في ما بينهم . قيل ان قلع قارب قعَّرتهُ الريح مرَّة على شكل انهُ صار يجمع الصوت الى محترق سُمع بهِ جرس عن بعد مئة ميل في البحر

(٣٠٩) ضعف الصوت بالانعكاس * اذا قرعنا جرساً في قابلةٍ من الزجاج (الشكل ١٢١) سمعنا صوتاً ضعيفاً بالنسبة الى صوتهِ في الهواء وذلك من انعكاسهِ عن جدران القابلة . ولهذا السبب يفرش الناس احياناً قشور الاشجار التي يدبغ بها في اراضي بيوتهم فتضعف الاصوات فيها بانعكاسها من قشرة الى قشرة

ولهذا السبب ايضاً لا يصل صوت الرعد الى بعدٍ مناسب لشدَّتهِ فان الهواء يكون حينئذٍ مختلف الكثافة فيعكسهُ مراراً عديدة فيضعف . ولهذا ايضاً لا تكون اصوات المدافع شديدة في المعارك فكثيراً ما ذُكر ان الجيوش انكسرت

في المعارك من قلّة المدد والمدد قريب منها ينتظر ان يسمع صوت مدافعها . فان الهواء والدخان والغبار المنعقد في الجوّ تعكس الصوت دفعاتٍ عديدة فيضعف . ولهذا ايضاً يضعف الصوت نهاراً لان كثافة الهواء تتفاوت كثيراً من حرّ الشمس وتصاعد الابخرة وبرد الظلول وما اشبه فينعكس الصوت عن الهواء مراراً كثيرة فيضعف خلافاً لما يكون ليلاً فان كثافة الهواء تكاد تتساوى في كل اجزائهِ حينئذٍ فيقوى الصوت لقلّة الانعكاس . ولذلك قال العلاّمة همبلدت ان الليل يحمل الصوت الى ابعد مما يحملهُ اليهِ النهار وهو امرٌ مشهور

(٢١٠) الدويّ * اذا كان السطح العاكس قريباً من الجسم الصائت رجع الصوت عنهُ وانضمّ الى الصوت الاصلي فقوّاهُ ويسمّى هذا الصوت الراجع عن قربٍ الدويّ

ومن الامثلة عليهِ ان من يتكلم في البيت يكون صوتهُ اشدّ وكلامهُ اوضح مما لو تكلم خارجاً لان حيطان البيت تعكس صوتهُ بعد وقوعهِ عليها وتردّهُ الى صوتهِ الداخل اذن السامع فتقوّيهِ . ومن يمشي في بيت فارغ او يتكلم في الحمّام يُسمع لمشيهِ وكلامهِ صوت شديد من الدويّ . ومن يضع أُذنهُ على فم بوق يسمع دويّاً لان البوق يجمع الاصوات المتفرقة في الهواء ويعكسها . ومن عدم الدويّ يضعف الصوت في البيوت المفروشة بالاثاث والمأهولة بالسكان

(٢١١) الصدى * اما الصدى فهو الصوت المنعكس الممتاز عن الصوت الاصلي فيكون الفرق بينهُ وبين الدويّ بعد السطح العاكس فيهِ حتى يرجع الصوت مسموعاً ممتازاً عن اصلهِ وقرب السطح العاكس في الدويّ حتى لا يتميَّز الصوت الراجع عن الصوت الاصلي. فلا يرجع الصدى والحالة هذه عن بعدٍ اقلّ من ٥٦ قدماً

من الجسم الصائت . ولا يرجع الاَّ صدى الصوت القصير السريع عن بعد ٥٦ قدماً . واما صدى الصوت الطويل كالالفاظ المشتملة على مقاطع فلا يرجع عن سطح اقرب من ١١٢ قدماً وذلك لان الانسان لا يقدر ان يلفظ ولا ان يسمع اكثر من خمسة مقاطع في الثانية فلا يلفظ الاَّ مقطعاً واحداً في ١/٥ الثانية . وقد تقدَّم ان سرعة الصوت على حرارة الهواء المعتادة ١١٢٠ قدماً في الثانية (عد ٢٠٢) فسرعتهُ في ١/٥ الثانية ٢٢٤ قدماً . والذلك يقتضي ان يكون بعد السطح العاكس عن الجسم الصائت لا اقلّ من ١١٢ قدماً حتى يصل الصوت اليهِ ويرجع عنهُ في ١/٥ الثانية . فاذن لا يرجع صدى المقطع عن بعدٍ اقلَّ من ١١٢ قدماً من الجسم الصائت . ولذلك اذا وقف الانسان امام مرآة عاكسة على بعد ١١٢ قدماً منها ولفظ هذه اللفظة قَرَنفُلَةٌ المشتملة على خمسة مقاطع سمع صدى المقطع الاخير منها فقط وهو التاء المنوَّنة . واذا ابعد عنها حتى صار على ٢٢٤ قدماً سمع صدى هذا المقطع والذي قبلهُ وهما لَةٌ وهلمَّ جرًّا بالابتعاد ١١٢ قدماً لكل مقطع حتى يسمع صدى اللفظة بتمامها

ويتكرَّر الصدى في بعض الاماكن مرارًا كثيرة من تعداد السطوح العاكسة وتفاوت ابعادها . فاذا أُطلق مدفع في وادٍ بين الجبال فقد يستمرُّ رجع صداهُ مدَّة من الزمان . ويتكرَّر الصدى ايضاً بين سطحين متوازيين او

سطوح متوازية فقد ذكران صوت الطبنجة يرجع بين ٥٠ او ٦٠ مرّة في بعض الاماكن . ويقال ان في بلاد الانكليز مكانًا يرجع فيهِ صدى سبعة عشر مقطعًا في النهار وعشرين مقطعًا في الليل فاذا قال الرجل فيهِ ده كرّر الصدى لفظة هذه سبع عشرة مرّة او عشرين فيكون بعد سطح العاكس نحو ٢٢٠٠ قدم عنهُ . هذا واذا وقف الصائت بحيث يقع صوتهُ عموديًّا على السطح العاكس رجع صداهُ اليهِ طبقًا لناموس انعكاس الصوت فيسمعهُ . ويمكن منهُ حساب بعد السطح العاكس عنهُ . وذلك لان الصوت يقطع في ذهابهِ الى السطح العاكس ورجوعهِ الى الصائت مضاعف بعد السطح العاكس عن الصائت . فاذا حسب الثواني التي تمرّ من خروج صوتهِ الى رجوعهِ اليهِ بالصدى وضربها في ١١٢٠ قدمًا حصل معهُ مضاعف بعد السطح العاكس عنهُ فبنصفهِ فهو بعدهُ عنهُ . فلنا من ذلك هذه القاعدة : استعلم الثواني التي تمرّ بين خروج الصوت ورجوعهِ واضربها في ١١٢٠ واقسم الحاصل على ٢ فالخارج بعد السطح العاكس عنك

الفصل الثالث

في الصوت الموسيقيّ

(٢١٢) الصوت الموسيقيُّ * الصوت اما موسيقيٌّ وهو ما تتوالى فيهِ الاهتزازات بسرعة وانتظام كصوت المغنّي واما غير موسيقي وهو ما لا تتوالى الاهتزازات فيهِ بانتظام بل يعارض بعضها بعضاً كهزيم الرعد وطقطقة الحجار والضوضاء والجلَبة . فكل ما انتظمت اهتزازاتهُ و بلغت سرعتهُ حدًّا معيناً يصوت صوتاً موسيقياً بلا خلاف

فاذا اسرعت تكّات الساعة مثلاً حتى صار عددها خمسين او ستين في الثانية صارت صوتاً موسيقيًّا واحدث وقوعها على الاذن شعوراً متصلاً في النفس . وكذلك اذا جرى دولابٌ على خمس وثلاثين حصاة في الثانية يتصل صوت طقطقاتهِ عند وقوعهِ على الاذن فتسمع النفس صوتاً موسيقيًّا تحْنيناً للدولاب . وقد شبّهوا وقوع الصوت غير الموسيقي على الاذن بوقوع الضوء المرتجف على العين لان عصب السمع يتألم منهُ فتنجهُ النفس كما تتألم العين من تعاقب الضوء والظلمة على عصب البصر

(٢١٣) صفات الصوت الموسيقي * للصوت الموسيقي ثلاث صفات وهي العلوُّ او النغمة والشدَّة والكيفيَّة . فالعلوُّ يتوقَّف على

عدد الاهتزازات في الثانية فكلما زادت عددًا علت نغمة الصوت. ودليل ذلك انك اذا اخذت نحاسة ووضعتها على اسنان دولاب دائر صانت صوتًا تعلو نغمتهُ بزيادة سرعة دوران الدولاب. والشدَّة متوقفة على سعة الاهتزازات كما مرَّ (عد ٢٠٤) والكيفية هي اختلاف الصوت باختلاف الآلة المصوّتة فاذا ضُرب لحنٌ على الكمنجة اختلفت نغمتهُ عمَّا لو غُنّي على الفلوت وان يكن علوّها واحدًا في الآلتين .

(٢١٤) استعلام عدد الامواج في صوتٍ موسيقي * لما كانت الاهتزازات في الصوت الموسيقي سريعةً جدًّا لم تستطع العين على رؤيتها ولذلك لا يمكن عدُّها الَّا بالوسائط . وهذه الوسائط عديدة منها النور ومقياس القرار وآلةٌ تسمى بالسيرين[1] وهي ابسطها واسهلها فهمًا

السيرين مؤلفة من صندوق اسطواني س (الشكل ١٢٢) له في قعره انبوبة ت يدخل الهواء منها اليهِ وله على وجههِ غطاء ب مثقوب ثقوبًا

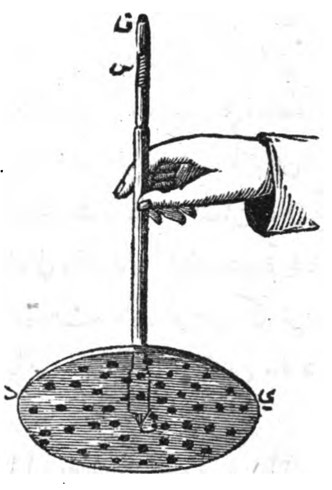
(١) السيرين في خرافات اليونان اسم عذارى زعموا انهنَّ مسخن فكنَّ من رؤوسهنَّ الى احقائهنْ في شبه الآدميين ومن احقائهنَّ فنازلاً في شبه الطيور وانهنَّ كنَّ يقطنَّ بجوار جزيرة كبريا في البحر المتوسط ويغنينَ غناء مطربًا جدًّا حتى كان المسافرون الذين يسمعون غناءهنَّ ينسون اوطانهم وخلانهم وتاخذهم هزّة الطرب فيموتون مما يطربون . وقيل انهنَّ كنَّ يغنينَ ولا يظهرنَ للبشر فيطلبهنَّ المسافرون فلا يجدونهنَّ فيلقون انفسهم في البحر ويموتون . هذا ولا يخفى ان عد الاهتزازات هو عد الامواج ايضًا

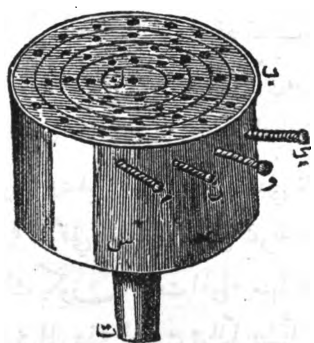
عديدة في اربعة صفوف . ففي الصف الداخلي منها ٨ ثقوب وفي الذي حوله ١٠ ثقوب والذي حول هذا ١٢ ثقبًا والاخير ١٦ ثقبًا . وم ن وي الخ . سدادات يسدّ بكلٍّ منها صف من الثقوب ود ي قرص كالغطاء ب وفيه ثقوب تطابق ثقوبهُ وف ق قضيب ينزل طرفهُ ق في التجويف ك من الصندوق ويدور فيهِ كما ينزل "الصوص في النقطة" ويدور فيها . وس الحرف الاعلى لولب يدير احد دولابين حائد عن الثاني فلولاً لهُ مئة سن واصبع طويل مثبت فيهِ بحيث يصل الى اسنان الثاني وكلما دار دورةً يدفع او يحرّك سنًّا من الثاني وكلما دار اللولب دورةً يدير الاوّل سنًّا فقط وهما يديران عقربين على مينيين عليهما فروض كما ترى في الشكل ١٢٤ فيكون الفرض على مينا الدولاب الثاني كناية عن مئة دورة من الغطاء د ي الشكل ١٢٣ .

وكيفية العمل بها ان يُنزَل الطرف ق من القضيب في التجويف ك ويركّب القرص د ي على الغطاء ب بحيث يقع نصف كل ثقب من ثقوبهِ على ثقب من الغطاء والنصف الآخر خارجهُ ويُدخل مجرًى من الهواء من الانبوبة ت الى الصندوق س فيطلب الخروج من ثقوب الغطاء التي جهاتها تعارض جهات ثقوب الصندوق فيصدم القرص الذي تغطّي ثقوبهُ اقسامًا من ثقوب الغطاء كما تقدّم ويديرهُ . ففي دورانهِ تنطبق ثقوبهُ على ثقوب الغطاء تارةً وتخالفها طورًا . ولذلك يكون افلات الهواء منها هبّاتٍ هبّاتٍ . فما دام دوران القرص بطيئًا تتوالى هذه الهبّات تواليًا بطيئًا فتعدّ واما متى اسرع فتتوالى سريعًا حتى يتصل بعضها ببعض وتصير صوتًا واحدًا موسيقيًا يزيد علوًّا كلما زادت سرعة الدوران وربما اتصل الى حدّ تأبي الاذن سمعهُ لعظم ارتفاعهِ . وينخفض كلما قلّت حتى يرجع الى صوت الهبّات

بقي علينا ان نعدّ الهبّات المتصلة التي حدث الصوت منها فنعرف عدد

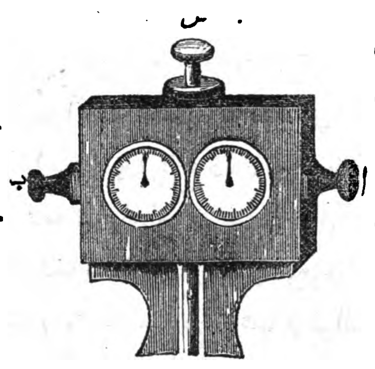
الاهتزازات لان المبّات هي نفس الاهتزازات . ويتمّ ذلك بواسطة العقربين في الشكل ١٢٥ : سدّ صفوف الثقوب بالسدادات الاّ صفًا واحدًا وليكن صف العشرة فرضًا . ثم أدخل مجرى الهواء حتى يدير القرص ويصوت





الشكل ١٢٣

صوتًا على علوّ معيّن فالامر واضح مما مرّ ان عقرب الدولاب الثاني الذي تدفعهُ اصبع الأوّل يدلّ على عدة الفروض من الصفر اليهِ على ميناهُ وهذا العدد يُضرب في مئة فالحاصل يدلّ على دورات الغطاء وما تحت المئة من الدورات



الشكل ١٢٤

يُعرف بعقرب الدولاب الأوّل على ميناهُ متى كان عقرب الدولاب الثاني بين فرضين . فاذا كان ذلك العلو موافقاً جَ ٢ في السلم الموسيقي (انظر عد ٣٢١)دار الغطاء ١٥٣٦ دورة في الدقيقة فيكون عددالهبّات التي هبّت من الثقوب العشرة في هذه الدقيقة ١٥٣٦٠ هبّةً . اقسمها على ٦٠ فيخرج ٢٥٦ هبّة في الثانية . اذًا عدد الاهتزازات في صوتٍ على علوّ جَ ٢ ٢٥٦ اهتزازة في الثانية . واذا سُدَّ صف العشرة الاثقاب وفتح صف الاثني عشر او الستة عشر ثقبًا يزيد عدد الاهتزازات في الثانية فيكون الصوت أعلى . واذا فُتح صف الثمانية وسُدَّت البواقي ينقص عدد الاهتزازات في الثانية فينخفض الصوت . واذا فتحت كلها معًا تصوت جميع اصوات الديوان (عد ٣٢١) وذلك دليل على ان عدد اهتزازات النغمة في ديوان هو مضاعف اهتزازات تلك النغمة في الديوان الذي دونهُ

(٢١٥) استعلام طول الموجة في صوتٍ موسيقي * اذا فرضنا ان حرارة الهواء كانت في الصوت المذكور آنفًا(عد ٢١٤) على درجة بها تسير الموجة الاولى مسافة ١١٢٠ قدمًا في الثانية يكون عدد الامواج في تلك المسافة ٢٥٦ موجة.فاقسم ١١٢٠ قدمًا عليها فيكون طول الموجة ٤ اقدام واربعة قراريط. فيستعلم طول أمواج الصوت بقسمة سرعة الصوت على عدد اهتزازاتهِ في

الثانية .

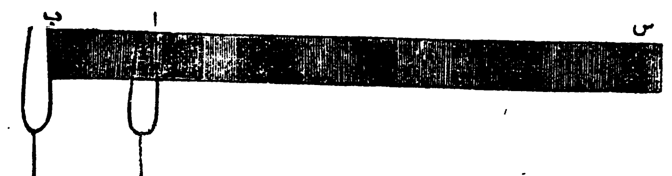
ولما كان علوّ نغمة الصوت متوقفًا على عدد امتزازاتهِ (عد ٢١٢) وبالتالي على سرعتها كانت الاصوات السافلة هي التي امواجها طويلة والعالية هي التي امواجها قصيرة ويتضح ذلك من طنطنة اجراس بغال القافلة فانها اذا كانت قادمة تقصر امواج اجراسها لقربها فيعلو صوتها واذا كانت ذاهبة تطول امواج اجراسها لبعدها فيسفل صوتها . وهو اوضح في صفير الارتال فان امواج صفيرها تقصر وهي قادمة لعظم سرعتها فيعلو الصفير وتطول وهي ذاهبة فيهبط الصفير وربما عُرف قدوم الرتل وذهابهُ من علو الصفير وهبوطهِ

(٢١٦) استعلام عدد الامواج وطولها في كل صوت موسيقي *

اذا تطابقت نغمتان كان عدد امواجها واحدًا سواءٌ كان الصائت انسانًا او عودًا او قيثارًا او طبلًا او غيرهُ . ولذلك اذا غنّى الانسان لحنًا ولعبهُ آخر على البيانو فاوتار حنجرة الانسان تهتزّ كخيوط الفولاذ في البيانو وتكون امواجها واحدةً في الطول . فاذا اردنا ان نعرف عدد الامواج وطولها في صوت آلةٍ ادرنا القرص في السيرين حتى يطابق صوتها ذلك الصوت واستعلمنا عدد هباتها وطولها فذلك عدد امواجهِ وطولها

كذا استعلموا ان البعوضة تصفّق جناحيها وهي طائرة خمسة عشر الف صفقة في الثانية . وان طول الامواج في صوت المتكلم من ثماني اقدام الى اثنتي عشرة قدمًا وطول الامواج في صوت المتكلمة من قدمين الى اربع في الثانية

(٢١٧) تراكب امواج الصوت* (انظر الموج وعد ١٥٤) لما كانت الاصوات تخرج من كل بقعة من الارض كانت امواج الهواء تخرج من اماكن شتى في جهات شتى ومتى التقت فاما ان تتوافق او تتخالف وهذا ما يقال لهُ تراكب امواج الصوت. فتتوافق متى التقى الكثيف من موجةٍ بالكثيف من أُخرى واللطيف باللطيف وحينئذٍ يزيد الصوت الحادث منهما شدَّةً لانهُ يعدل مجتمع موجتين . وتتخالف متى التقى الكثيف من موجة باللطيف من اخرى فاذا كانتا متساويتين في القوة محقت الموجة الواحدة الموجة الاخرى فبطل الصوت. وعلى ذلك قد ينتج عدم الصوت من اجتماع صوتين وهو يوافق قولهم "قد ينتج سكون من حركتين وظلمة من نورين وبرد من حرارتين"



الشكل ١٢٦

- ولزيادة ايضاح ذلك لنضع مقياسين من مقياس القرار ا و ب في الشكل ١٢٦ بحيث يكون البعد بينهما طول موجة ونجعلهما يهتزّا اهتزازًا واحدًا حتى تتوافق امواجها كما ترى في الاجزاء الحالكة السواد والاجزاء الخفيفة السواد فيشتدّ الصوت . وكذلك يشتدّ اذا جعلنا البعد بينهما طول موجتين او ثلاث

فما فوق. واما اذا وضعنا الواحد على بعد نصف موجة من الآخر وكان اهتزازهما واحدًا فالكثيف من امواج ا يوافق اللطيف من امواج ب وبالعكس فيبطل الصوت. ويعرف هذا التخالف بمعارضة امواج الصوت لان الامواج تعارض بعضها بعضًا. وتظهر هذه المعارضة في مقياس القرار نفسهِ فانهُ اذا رُنّت شعبتاهُ وأُدير تدريجًا تجاه الاذن لم نسمع لهُ صوتًا في اربع نقط من الدائرة التي يدار فيها لان امواج الشعبة الواحدة تعارض امواج الاخرى فيبطل صوتها في تلك النقط

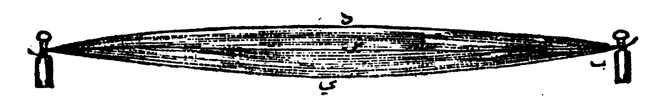
م

الفصل الرابع

في اهتزاز الاوتار وآلاتها

(٢١٨) الآلات الموسيقيَّة اما ان يحدث الصوت منها بالنقر على اوتارها وتسمى ذوات الاوتار. واما ان يحدث منها بالنفخ على صفائح رقيقة فيها وتسمى آلات النفخ. فالاولى مثل القانون والعود والطنبور والثانية مثل الارغن والصور والمسحورة . اما ذوات الاوتار فيكون جلُّ الكلام فيها على اهتزاز الاوتار واما آلات النفخ فسيأتي الكلام عليها

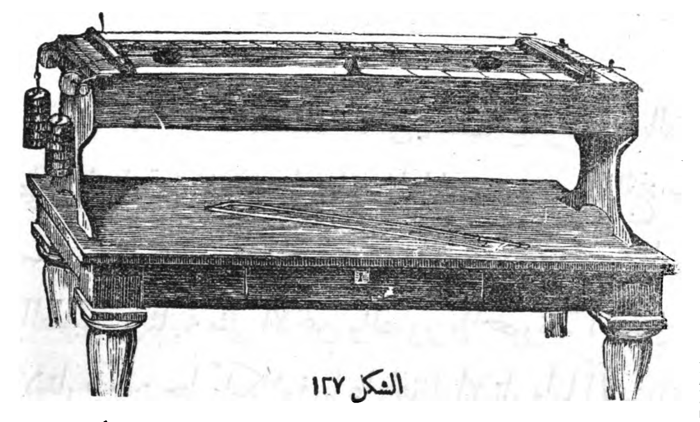
(٢١٩) اهتزاز الاوتار * ليكن ا ب في الشكل ١٢٦ وترًا



الشكل ١٢٦

مشدودًا من طرفيهِ بحيث يهتزُّ. فاذا انتقل في اهتزازهِ من ي الى د ثم من د الى ي قيل انهُ اهتزَّ اهتزازةً كاملةً (عد ٥٦) واذا انتقل من ي الى د فقط قيل انهُ اهتزَّ نصف اهتزازة . وتتوقف شدَّة صوتهِ على سعة هذا النصف اي على بعد ي من د كما تقدَّم (عد

٢٠٤) وهذه الشدَّة قليلة جدًّا لان الهواء الذي يحرّك الوتر باهتزازهِ قليل . ويُعرف عدد اهتزازاتهِ بآلة تسمى الصُّونومتر اي مقياس الصوت فيعرف من ذلك علوُّ صوتهِ



الشكل ١٢٧

(٢٢٠) الصونومتر* معناهُ مقياس الصوت وهو آلة مؤلفة من صندوق رقيق من الخشب وجحشين ثابتين عليهِ يشدُّ عليهما وتران اب وس د (الشكل ١٢٧) ويعلَّق بالطرفين السائبين من اطراف الوترين ثقلان ف ويوضع تحت الوترين جحشٌ متحرك د لتطويلهما او تقصيرهما حسب المطلوب . فاذا سُحبت القوس على الوترين يهتزّان فيوصل الصندوق اهتزازهما الى الهواء الذي داخلهُ . وبهذا الاعتبار يكون الصندوق هو الصائت وتُعرف بهِ نواميس اهتزاز الاوتار

(٢٢١) نواميس اهتزاز الاوتار* هي ثلاثة : اولها . ان عدد

الاهتزازات في الثانية يزيد بقدر ما ينقص طول الوتر

اي انهُ اذا اهتزّ الوتر ا ب (الشكل ١٢٨) ١٦ اهتزازة في الثانية ثم وُضع الجحش د على نصفهِ ليصير طولهُ نصف ما كان يهتزّ ٣٢ اهتزازة . ودليل ذلك انّا اذا نقرنا الوترين ا ب وس د صاتا صوتًا واحدًا ثم اذا وضعنا الجحش د تحت منتصف احدهما صار صوتهُ جوابًا لصوت الثاني اي ان عدد اهتزازاتهِ يتضاعف. وعلى ذلك يعزف اللاعب بالكمنجة والقيثار انغامًا مختلفة العلو بنقل اصابعهِ على الاوتار فيقصر طولها وتتغير اصواتها . ويوضع في العود والبيانو اوتار متفاوتة طولاً فتصوّت الطويلة منها اصواتًا سافلة والقصيرة عالية ولا يحتاج من يلعب عليها ان يطوّلها ويقصّرها بيدهِ

ثانيها . ان عدد الاهتزازات في الثانية يزيد بقدر الجذر المالي من الشدّ

اي اننا اذا شددنا وترًا اربعة اضعاف شدّهِ الاول تضاعف عدد اهتزازاتهِ او شددناهُ ٩ اضعاف زادت اهتزازاتهُ ثلاثة امثال ما كانت لان الجذر المالي من ٤ اثنان ومن ٩ ثلاثة وقس عليهِ. ودليل ذلك انّا اذا ضربنا الوترين ا ب وس د وكان الثقلان ف متساويين صاتا صوتًا واحدًا واما اذا جعلنا الثقل الواحد اربعة امثال الآخر حتى يكون شدّهُ لوترهِ اربعة امثال شدّ الآخر لوترهِ فيصير صوت الوتر المشدود بالثقل الكبير جوابًا لصوت الآخر اعني ان عدد اهتزازاتهِ يتضاعف. ولهذا يجعل لذوات الاوتار مفاتيح يزاد بها شدّها او يقلَّل حسب الاختيار

ثالثها . ان عدد الاهتزازات في الثانية ينقص بقدر ما يزيد الجذر المالي من ثقل الوتر

اي ان الوترين ا ب وس د اذا كانا من مادّة واحدة وشُدّا شدًّا واحدًا

ولكن كان ثقل الواحد اربعة امثال ثقل الآخر فلا يبلغ عدد اهتزازاتهِ الاَّ نصف عدد اهتزازات الآخر ويكون صوتهُ اخن من صوتهِ . ولذلك تحدث الاصوات السافلة على الكمنجة من اهتزاز الاوتار الغليظة والعالية من اهتزاز الدقيقة

---

(٢٢٣) ذوات الاوتار * منها البيانو . وهو آلة ثابتة الاصوات اي ان لها اصواتًا معيَّنة تصوتها اوتار نحاسية خاصة بها وهذه الاوتار تهتزُّ بطرقة تحركها عدَّة امخال مخنية متصلة بمفاتيح البيانو . ويزداد صوت البيانو قوَّة بتموّج الهواء على اللوح المشدود عليهِ الاوتار . والسبب في ان الصوت يخرج منهُ عند قرع الانامل لمفاتيحهِ وينقطع عند رفعها عنها هو ان فيهِ هنات تضغط اوتارهُ فاذا قُرِع مفتاح من مفاتيحهِ ارتفعت الهنة الضاغطة عن الوتر فيهتزّ ويصوّت . وعند رفع الاصبع عن المفتاح تسقط الهنة على الوتر وتُبطل اهتزازهُ فيسكت ولذلك يقال لهذه الهنات المسكتات . ويمكن ان ترفع مسكتاتهُ كلها دفعةً واحدة عن الاوتار بضغط الرجل لمفتاح في اسفلها فتسمع اهتزازاتهُ كلها مدَّة من الزمان

والعود . وهو مثلث الشكل . واوتارهُ تطابق النغمات الطبيعية في السلم الموسيقي التي سيجيء ذكرها ويمكن تقصيرها وتطويلها لرفع الصوت وخفضهِ ولذلك يحسب متوسطًا بين الثابتة الاصوات والمغيرتها ولهُ صندوق تحت اوتارهِ لتقوية صوتهِ

والكمنجة . وهي ذات اربعة اوتار ومن الآلات المتغيرة الاصوات اي التي يمكن تطويل اوتارها وتقصيرها للحصول على اصوات متفاوتة في العلو والانخفاض ويُضرب عليها بقضيب يسمى القوس

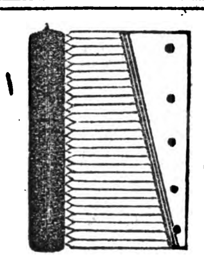
والقيثار . وهو يختلف عن الكمنجة بكونهِ اكبر منها حجمًا ولهُ ستة اوتار يُضرب عليها بالاصابع ويجري على حكم الكمنجة ولكل منها صندوق تنتقل

اهتزازات الاوتار الى سطوه العلوي على الجحش ومن السطح العلوي الى السفلي على الجوانب وعلى عود يصل بينهما فيهتز الهواء في الصندوق ويقوّي صوت الاوتار. هذا والضرب على الكمنجة بانواعها عسر اتقانه جدًّا ولكنه يسير العقول اذا كان بايادي البارعين

(۲۳۲) الفضبان المعدنيّة* ان النواميس الثلاثة التي تجري عليها ذوات الاوتار تجري عليها الفضبان المعدنيّة ايضًا . غير ان ناموس الشدّ لا يعتبر فيها ما لم تختلف مادّة معادنها . واما اذا كانت كلها من معدن واحد فمرونتها واحدة ولذلك لا يختلف صوتها الّا باختلاف طولها وثخنها

منها مقياس القرار المارّ ذكرهُ وهو آلة من الفولاذ ذات شعبتين (الشكل ۱۲۸) يجعل طولها بحسب ما يلزم لتصوت صوتًا معينًا اذا ضُربت على شيء صلب او شدّ طرفا شعبتيها بالاصابع حتى يقتربا ثم أُفلتا وقرّبت من الاذن. وانما سميت مقياس القرار لان الموسيقي يجد بها صوت القرار المعيّن فينتقل منهُ الى بقية اصوات السلم . وقد يجعل لمقياس القرار رابط معدني يربط الشكل ۱۲۸ شعبتيهِ الواحدة بالاخرى ويتحرّك عليها ليجعلها قصيرتين او طويلتين فيحصل منها قرارات مختلفة بحسب الطول والقصر

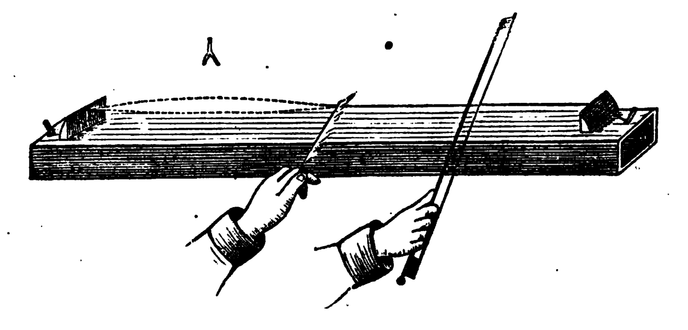
ومنها الآلة التي تغني من نفسها وهي كما في الشكل ۱۲۹ صفيحة من الفولاذ او معدن آخر ذات اسنان مصفوفة كاسنان المشط ولكنها متفاوتة طولاً فكل سنّ اقصر من التي تليها من اعلى الشكل فنازلاً . والغرض من اختلاف طولها هو اختلاف برج القرار في كلّ منها عمّا هو في الاخرى فهلمّ صوت السن



الشكل ١٢٩

القصيرة وينخفض صوت الطويلة (عد ٢١٠) ليحصل التطريب بذلك . ثم ان الاسنان لا تحدث صوتًا ما لم تُقرع بشيء فالقارع هنا اسطوانة من النحاس او غيرها يديرها زُنبرك ودواليب كأنذار الساعة وتُرتب على سطحها نتوات لقرع الاسنان موافقة لنغمات اللحن الذي نطرّبه

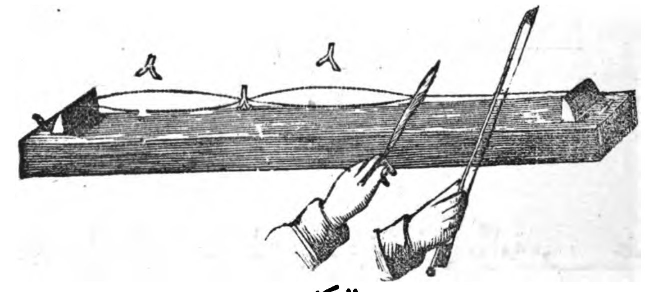
(٢٢٤) عقد الاهتزاز * اذا وضعنا ريشةً على منتصف وترٍ (الشكل ١٣٠) ولم نضع جحشًا تحتهُ ثم جررنا القوس على نصف



الشكل ١٣٠

من نصفيهِ يهتزّ كلهُ ولكننا نسمع لهُ صوتين الواحد جواب وهو صوت النصف الذي لم تجرّ القوس عليهِ والآخر قرار وهو صوت النصفين معًا اي الوتر كلهِ . وهذا دليل على ان النصف الذي لم تجرّ القوس عليهِ يهتزّ مستقلًا بنفسهِ . ثم اذا رفعنا الريشة وجررنا القوس بقي هذا النصف يهتزّ لذاتهِ مستقلًا عن النصف الآخر . والدليل على انهُ يهتزّ ولو لم تجرّ القوس عليهِ هو انَّا اذا

وضعنا راكبًا من الورق على منتصفهِ وجررنا القوس على النصف الآخر فالراكب يثب ويقع على الوتر كما ترى في الشكل ١٢٠. واذا نقلنا الريشة ووضعناها على نقطة ثلثي الوتر وجررنا القوس على الثلث الآخر فالثلثان ينقسمان قسمين كلٌّ يهتزُّ وحدهُ (الشكل ١٢١) وكذلك بعد رفع الريشة. فهذه النقط التي لا تهتزُّ بل ينفصل بها الوتر اقسامًا يهتزُّ كلٌّ منها بنفسهِ مستقلًّا عن الآخر هي عقد الاهتزاز وتعرَف الاقسام بالقطع

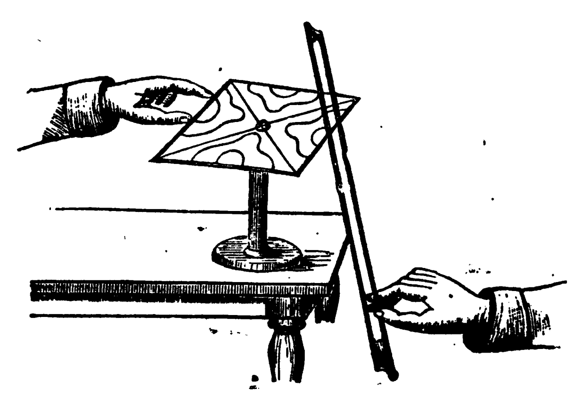


الشكل ١٢١

وعلى هذا المنوال يمكنك تقسيم الوتر بعقد الاهتزاز الى القطع التي تريدها وتُعرف العقد من القطَع بوضع الركّاب على الوتر فالراكب الذي لا يقع يكون على عقدة من عقد الاهتزاز واما الذي يهتزّ ويقع فيكون على قطعةٍ من القطع كما ترى في الشكل ١٢٢

(٢٢٥) اشكال كلادني * رش قليلًا من الرمل الناعم على لوح من الزجاج او صفيحة من المعدن. وضع ظفرك على حرفهِ لتُبطل الاهتزاز مكان وضعهِ كما تبطلهُ الريشة بوضعها على الوتر

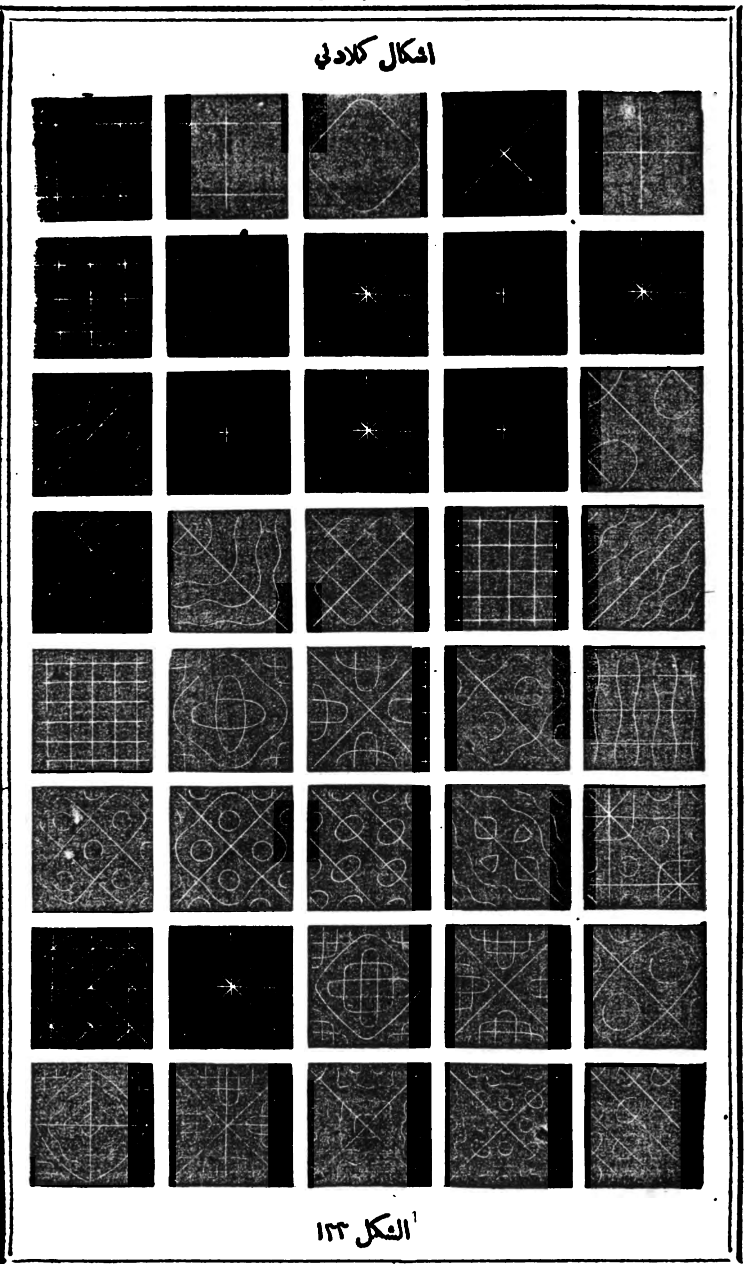
وجرّ القوس على الحرف المقابل كما ترى في الشكل ١٢٢ فينتثر الرمل انتثارًا على وجه اللوح ويتطاير بسبب اهتزاز دقائق اللوح تحته حتى يتجمع في خطوط منتظمة انتظامًا حسنًا كما ترى في الشكل.



الشكل ١٢٢

وانما يتجمع في هذه الخطوط لانها لا تهتزّ اذ هي مؤلفة من عقد الاهتزاز المارّ ذكرها . ولذلك تسمى الخطوط العقدية . وهذه الخطوط تزيد عددًا بزيادة اهتزاز الصفيحة اي بارتفاع النغمة الحاصلة من جرّ القوس عليها . وتختلف شكلاً باختلاف وضع الابهام والسبّابة عليها فتختلف بذلك الاشكال الحاصلة من تجمّع الرمل عليها . وهاك بعض الصور التي وجدها كلادني مكتشف هذه الاشكال (الشكل ١٢٣)

اشكال كلادني



الشكل ١٢٣

(٢٣٦) الاصوات الملابسة * قلنا ان الصوت يختلف في الكيفية باختلاف الآلات الصائتة ولو كانت النغمة واحدةً . وسببهُ ان صوت الآلة يكون في النادر مجرَّدًا والغالب انهُ يختلط باصوات أُخر اضعف منهُ فتغير نغمتهُ في الكيفيَّة وهذه الاصوات الضعيفة هي الاصوات الملابسة اي المخالطة للصوت الاصلي

اذا شددنا وترًا بطرفيهِ حتى يهتزَّ على طولهِ ينقسم من نفسهِ الى قطع تهتزُّ مستقلاًّ بعضها عن بعض فيحصل من ذلك صوت الوتر الاصلي وتحصل الاصوات الملابسة لهُ ايضًا من اهتزاز القطع فتغيّرهُ في الكيفيَّة . وتختلف الاصوات الملابسة باختلاف الآلات ولذلك تختلف النغمة الواحدة باختلاف الآلات حتى ان من يسمع لحنًا واحدًا يُعزَف بالكمنجة والفلوت والبيانو يعلم ان الآلة الواحدة هي غير الأُخرى ولو لم يرَها . وذلك لسبب تغيُّر الصوت فيها بالاصوات الملابسة

(٢٣٧) عقد الاهتزاز في الجرس * لتكن الدائرة الثخينة في الشكل ١٢٤ محيط الجرس وهو ساكن ثم لنفرض ان المدقَّة قرعتهُ عند ا او ب او د او س فيهتزُّ المحيط حتى يتحوَّل من الشكل الدائري الى الشكل الإهليلجي المنقَّط ا ب ثم الى الإهليلجي الآخر المنقَّط س د . ومتى رنَّ رنتهُ الاصلية يهتزُّ مقسومًا الى اربع قطع بين النقط ن ن ن ن التي هي عقد الاهتزاز ومنها تبتدئ الخطوط العقدية وتصعد الى القمة حتى تنتهي عند يدهِ . وهو مستعدٌّ للانقسام الى اكثر من القطع الاربع ولاسيما اذا كان رقيقًا جدًّا فيحدث من اهتزاز تلك

الشكل ١٢٤

القطع اصوات ملابسة تعقب صوته الاصلي وتسمع واضحة على الغالب ولو كان الجرس بعيدًا

(٢٣٨) اهتزاز المشاركة * اذا وقفت بجانب البيانو وصت صوتًا موسيقيًا وجدت ان شريطةً من شرائط البيانو تهتزُّ موافقةً لصوتك واذا غيَّرت نغمة الصوت تسكن الشريطة الاولى وتهتز شريطة اخرى موافقة للنغمة الثانية . واذا وُضع مئة مقياس من مقياس القرار ورنَّت تجاه انبوبة من انابيب الارغن بانغام متباينة تشارك الانبوبة المقياس الموافق لها من بينها كلها ولذلك اذا وُضعت ساعتان على رفٍ واحدٍ اثَّرت الواحدة في الاخرى . وهذا هو السبب في كون الساعات تضبط عند الساعاتي احسن مما تضبط عند اصحابها . لانها لكثرتها يؤثّر اهتزاز الواحدة منها بالاخرى فتهتزُّ معًا بالمشاركة

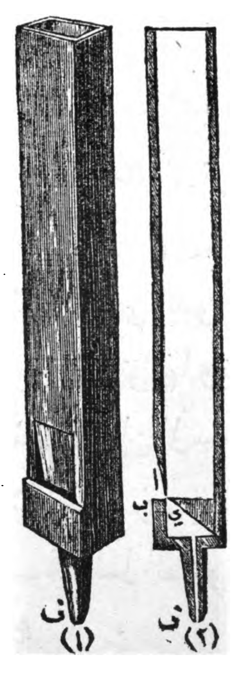
الفصل الخامس

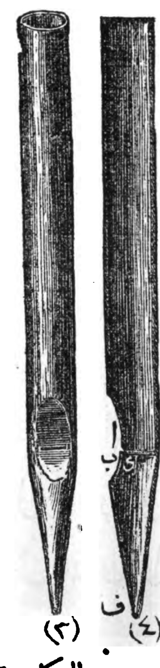
في آلات النفخ والسلّم الموسيقي

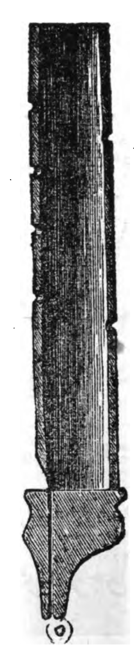
(٢٢٩) حدوث الصوت في آلات النفخ * آلات النفخ كالمزمار والفلوت ونحوهما ويحدث الصوت الموسيقي فيها باهتزاز عمود الهواء الذي داخلها وتموّجهِ فيكون الهواء هو الجسم الصائت فيها بخلاف ذوات الاوتار التي لا يكون الهواء فيها الأ موصلاً للصوت كما رأيت. فمتى نُفخ عليهِ من ثقبٍ فيها ماجت امواج الصوت الى الامام والخلف داخل آلة النفخ وهزّت الهواء حولها كما يهزّهُ الوتر المضروب في ذوات الاوتار. فتكون منزلة عمود الهواء في آلات النفخ منزلة الوتر في ذوات الاوتار ومنزلة النفخ عليهِ منزلة الضرب على الوتر. ثم لا يخفى ان الصوت لا يحدث ما لم يتموّج الهواء متكاثفاً فمتلطفاً فاذا نفخنا على عمود من الهواء في انبوبة تحرّك حركةً متصلة ولم يَصت ولذلك لا بدّ لهُ من واسطة تقطع النفس بحيث يحدث التكاثف والتلطف المطلوبان. فانقسمت آلات النفخ بهذا الاعتبار الى قسمين ذوات اللسان كالفرنيطه والمزمار من شبّابة بِصافورة وقصلة مشقوقة (الزمّور) ونحوها مما يهتزّ الهواء فيهِ

بصفيحة رقيقة تُعرف باللسان وهذا القسم معروف . وذوات الفم وسيأتي الكلام عليها

(٣٤٠) ذوات الفم * هذه يتضح تفصيلها من الشكل ١٣٥ . ترى في (١) صورة انبوبة من انابيب الارغن يدخل اليها الهواء من ف خارجًا ن منفاخ اسفلها لم يُرسم هنا وفي (٢) صورة مقطوع هذه الانبوبة طولاً ليظهر داخلها. فمتى أكره الهواء على دخولها من ف يطلب الخروج من الشقّ ي ويسمى الفم فيضرب الصفيحة الرقيقة ا وتسمى الشفة العليا وينضغط وبضغط باقي الهواء







الشكل ١٣٥

فهوقفة لحظةً حتى يكون بعض الهواء قد خرج من ا ب فحينئذٍ يصعد الهواء من ي ويجري كما كان . وبذلك تحدث الاهتزازات ويهتزّ عمود الهواء الذي

في الانبوبة فيصوت صوتًا موسيقيًا . وفي (٣) صورة شكل آخر من انابيب الارغن و(٤) مقطوعهُ طولاً و(٥) مقطوع نوع من النجارة مبدأها مبدأ انبوبة الارغن كما ترى * ومنها ما يكون الفم فيهِ ثقبًا على جانبهِ كما في الفلوت الجرماني فيحدث النافخ الصوت فيهِ بجعل فمهِ واسطة لتكثيف الهواء فيهِ وتلطيفهِ

(٢٢١) السلم الموسيقي * اننا اذا سمعنا الاصوات لانقدر على تمييز عاليها من سافلها فقط بل نقدر ايضًا على ادراك النسبة التي بين عدد اهتزازاتها . ليس اننا نعرف عدد الاهتزازات في الاصوات من مجرَّد سمعنا لها حتى نقول مثلاً ان عدد اهتزازات هذا الصوت مضاعف عدد اهتزازات ذاك او ما اشبه . بل ان كل الاصوات التي توجد نسبة بين عدد اهتزازاتها تؤثر فينا اللذَّة والاستحسان اذا توالت على سمعنا حتى نحكم بالطبع انها مطابقة لمقتضى الذوق السليم . فهذه الاصوات يتألف السلم الموسيقي من تواليها. وتقسم بالنظر الى علوها الى مراتب اودواوين ويُقسم الديوان الى سبعة اقسام تسمى ابراجًا وتسمى عند الموسيقيين بالالفاظ دو ري مي فا سول لا سي او بالاحرف ج د ه و ز ا ب في السلم الطبيعي . وكل ديوان قرارٌ لما فوقهُ وجواب لما تحتهُ

ويُدلّ على احرف القرار برقم الواحد عن يسارها هكذا ج١ د١ الخ . وعلى احرف الجواب برقم الاثنين عن يسارها هكذا ج٢ د٢ الخ . وكلما علا الديوان زيدت قيمة الرقم المكتوب عن يسار احرفهِ فبرج ج من الديوان الخامس

فوق القرار يكتب هكذا جْ وهلمَّ جرًّا . ويُدل على احرف ما تحت القرار بالارقام نفسها وقدامها علامة السلب فالرقم في ج -٢ يدل على ان البرج ج في الديوان الثاني تحت ديوان القرار الاصلي

(٢٣٢) عدد اهتزازات الابراج * اذا اهتزَّ وترٌ على طولهِ فصوتهُ هو القرار لما يقابلهُ في السلم الاعلى وذاك جوابٌ لهُ فاذا فرضنا طولهُ واحدًا فطول بقيَّة الابراج كما يأتي

ج	د	ه	و	ز	ا	ب	ج
١	٨/٩	٤/٥	٣/٤	٢/٣	٣/٥	٨/١٥	١/٢

فيكون طول ج٢ الجواب نصف طول ج١ القرار وطول ما فوقها بالنسبة اليها كطول ما تحتها بالنسبة الى ج القرار . ولما كان عدد الاهتزازات يتغيَّر بالقلب كطول الوتر (عد ٢٢١) فاذا قلبنا الكسور المتقدمة كان لنا عدد اهتزازات كل وتر بالنسبة الى الوتر الاوَّل لانهُ اذا فرضنا عدد الاهتزازات في البرج ج واحدًا نعرف عدد الاهتزازات في البرج د كم هي بالنسبة الى ج بهذه النسبة المقلوبة وهي

١ : ٨/٩ :: عدد اهتزازات د : ١ اي عدد اهتزازات د = ١ ÷ ٨/٩ = ٩/٨ وهكذا في سائر الابراج . فتكون نسبة اهتزازات ج وما يليها الى ج٢ كهذه الاعداد منسوقة على نسقها وهي ١ ٩/٨ ٥/٤ ٤/٣ ٣/٢ ٥/٣ ١٥/٨ ٢ اذ يحسب عدد اهتزازات ج١ واحدًا . وبتحويل هذه الكسور الى

صوَر جديدة ومخرج مشترك نجد الاهتزازات عددًا صحيحًا وهي ٢٤ ٢٧ ٣٠ ٣٢ ٣٦ ٤٠ ٤٥ ٤٨ فيكون الفرق بين الأوّل والثاني والثاني والثالث والسابع والثامن ٣ وبين الثالث والرابع ٢ وبين الخامس والسادس ٤ وبين السادس والسابع ٥. هذا عدد اهتزازات الابراج بنسبة بعضها الى بعض واما عدد اهتزازات كلٍّ منها وحدهُ فلبرج القرار ج ١٢٨ اهتزازة كما يُعرف من السيرين عدد ٢١٤ فيكون عدد اهتزازات كل برج

ج	د	ه	و	ز	ا	ب	ج٢
١٢٨	١٤٤	١٦٠	١٧٠	١٩٢	٢١٤	٢٤٠	٢٥٦

وهلمّ جرًّا بضرب عدد اهتزازات كل برج في ٢ للحصول على عدد اهتزازات البرج الموافق لهُ في الديوان الثاني او في ٣ للحصول على ابراج الديوان الثالث فوق ديوان القرار الاصلي الخ . وبالقسمة على هذه الارقام يخرج لنا عدد الاهتزازات لابراج الدواوين التي تحت ديوان القرار الاصلي

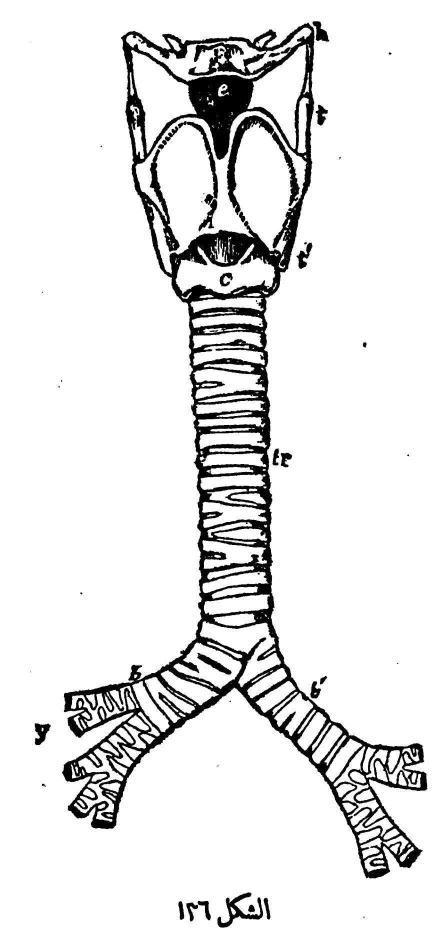
اسماء الابراج لدواوين عند العرب في بكاه عشيران عراق دست دوكاه سيكاه جهاركاه نوى حسيني اوج ماهور محير بزرك ماهوران رمل توتي . فالنوى جواب اليكاه والرمل توتي جواب النوى والحسيني جواب العشيران وهلمّ جرًّا . وليست النسبة بينها نفس النسبة بين ابراج السلم الافرنجي المذكور سابقًا والمرجح ان السلم الافرنجي هو الاسهل مراسًا لكونهِ يجري على الاصوات الطبيعية ويمكن ان تنضبط عليهِ جميع اغاني الشعوب . انتهى باختصار من العروس البديعة

(٣٢٣) توافق الاصوات وتعاندها * قلنا ان اصوات السلم الموسيقي اذا توالت على السمع استحسنها ولكن ذلك لا يلزم منهُ انهُ اذا وقع اثنان او ثلاثة منها معًا على السمع يستحسنها دائمًا فان اجتماع بعض الاصوات معًا مكروهٌ لما بينها من التعاند واجتماع غيرها محبوب لما بينها من التوافق . واتمّ التوافق بين نغمتين من برج واحدٍ وديوان واحد مثل دو و دو اللتين عدد اهتزازاتهما متساوٍ . ثم بين نغمتين من برج واحد ولكن من ديوانين مثل دو القرار ودو الجواب اللتين عدد اهتزازات علياهما مضاعف عدد اهتزازات الاخرى. ثم بين نغمتين من برجين تكون نسبة عدد اهتزازات الواحدة الى عدد اهتزازات الاخرى كنسبة ٣:٢ مثل سول ودو. ثم بين نغمتين نسبة اهتزازاتهما كنسبة ٤:٣ وآخر الكل بين نغمتين نسبتهما كنسبة ٥:٤ * واتمّ التوافق بين ثلاث نغمات من ابراج مختلفة في التي نسبة اعداد اهتزازاتها بعضها الى بعض كنسبة ٤:٥:٦ مثل ج وه وز. والخلاصة انهُ كلما زاد عدد الاهتزازات التي تتفق النغمات في نهايتها زاد التعاند وكلما قلّ عددها زاد التوافق . ويُعرف توافق النغمات في الغناء او اللعب بالآلات بالطبع وعليهِ تتوقف لذّة الالحان

الفصل السادس

في آلات الصوت والسمع

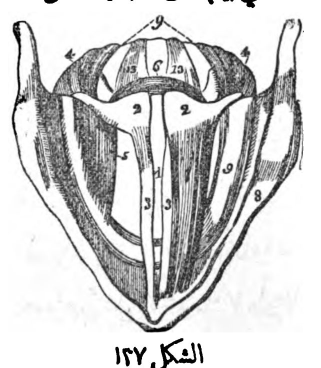
(٣٢٤) آلات الصوت في الانسان * كل ما يتنفس الهواء من الحيوانات



الشكل ١٢٦

ذوات الفقرات الاَّ القليل منها لهُ آلات يصوّت بها مودعة في قسمٍ من جهاز التنفّس . وكثيرٌ منهـا قادر على تغيير صوتهِ وتكييفهِ امَّا وقت احداثهِ او بعد احداثهِ ومن جملتها الانسان فانهُ يغيّر صوتهُ تغييرات شتى يحصل التكلُّم من بعضها . وآلات الصوت في الانسان تجويف الصدر والقصبة والحنجرة والحلق او البلعوم والفم والانف وما يتعلّق بها وهي مثل آلات النفخ ولكنها تشارك ذوات الاوتار ايضًا . فتجويف الصدر يضيق ويتسع بالتنفس فيضغط الرئة تارةً ويتركها تتمدَّد اخرى فيخرج الهواء منها متى ضُغطت ويدخل اليها متى تمدَّدت فيكون هو والرئة بمنزلة المنفاخ في الارغن (عد ٢٣٠) . وعند خروج الهواء من الرئة يندفع الى القصبة ومنها يضرب وترَي الصوت في الحنجرة فيصوتان . فتكون القصبة بمنزلة طرف انبوبة الارغن ووترا الحنجرة بمنزلة فمها . والبلعوم والفم والمنخران تغيّر الصوت وتكيّفهُ تارةً باتساعها واخرى بتضيقها ونحو ذلك فتكون بمنزلة راس الانبوبة الذي تتصل منهُ اهتزازات عمود الهواء بالهواء الخارجي .

(٢٣٥) الحنجرة * هي أخصّ اعضاء الصوت . واشهر اجزائها اربعة غضاريف تسمى الدرقيّ والحلقيّ والطرجهالين وترتبط وتتحرَّك بعضها على بعض برباطات وعضلات . ويُقسم التجويف الذي بينها الى طبقتين الواحدة فوق الاخرى بواسطة غشائين ممتدَّين من كلٍّ من الجانبين ولا يتصلان من الوسط بل يبقى بينهما شقٌ ضيق . ويتألف جانباهما اللذان يليان هذا الشقّ من نسيجٍ مرن ويسميان الوترين الصوتيين الصحيحين (تمييزًا لهما عن الكاذبين وهما وتران فوقهما لا يصوتان) ويمتدُّ الشقّ بينهما من مقدَّم تجويف الحنجرة الى موخرهِ ويسمى فتحة المزمار . ترى صورة القصبة والحنجرة من



الشكل ١٢٧

المقدَّم في الشكل ١٢٦[1] وصورة باطن الحنجرة من الاعلى في الشكل ١٢٧

(٣٢٦) حدوث الصوت الانساني * يحدث صوت الانسان من اهتزاز الوترين الصحيحين في الحنجرة عندما يضرب عليهما الهواء مدفوعاً من الرئة . وهذان الوتران قابلان الشدّ والرخي كالاوتار في ذوات الاوتار . فاذا كان الانسان صامتاً كانا مرتخيين ومتثنيين وفتحة المزمار بينهما واسعة فلا يصوتان بوقوع الهواء عليهما . واذا اراد ان يصوّت شدّهما بقدر ما يريد ان يرفع الصوت (عد ٣٢١) فتضيق فتحة المزمار بينهما

(٣٢٧) مجال الصوت الانساني * علو صوت الانسان قلما يختلف في التكلم فلا يتجاوز حدّاهُ نصف ديوان وقلما يعلو صوت الشخص الواحد ثلاثة دواوين متوالية . الّا ان صوت النساء اعلى من صوت الرجال بديوان فيكون مجال الصوت الانساني اربعة دواوين . وفي الغناء يغني الرجال ديوانين منها يسمّيان الباس والتنر والنساء ديوانين يسميان السپرانو والألتو . والفرق الجوهري بين الباس والتنر وبين السپرانو والألتو هو في الكيفية (عد ٣١٣) ولذلك تجد فرقاً بين اصوات المغنين ولو غنوا نغمة واحدة على الباس والتنر او السپرانو او الألتو . ولعلّ سبب هذا الفرق اختلاف الرباطات والاغشية والغضاريف

واما سبب علو نغمة صوت النساء عن نغمة صوت الرجال فهو قصر الوترين الصوتيين فيهنّ وطولهما في الرجال فنسبة طولهما فيهنّ الى طولهما فيهم كالاثنين الى الثلاثة . ولما كان طولهما في الصبيان بقدر طولهما في النساء كانت اصوات الصبيان كاصوات النساء حتى يبلغوا الرجولية * هذا واعلى اصوات النساء على السپرانو يهتزّ ١٠٥٦ اهتزازة كاملة في الثانية واوطأ اصواتهنّ ٢٦٤ واعلى اصواتهنّ على الألتو ٧٠٤ واوطأها ١٧٦ واعلى اصوات الرجال على التنر ٥٢٨

---

[1] الشكل ١٢٦ *r* t القصبة منفصلة بشعبتي الرئة b b o c منتصف الغضروف الحلقي t t قرنا الغضروف الدرقي . الشكل ١٢٧ 1 فتحة المزمار . 3 3 الوتران الصوتيان

واوطأها ١٣٢ واعلى اصواتهم على الباس ٣٢٠ واوطأها ٥ ٨٣ وكلها في الثانية

(٣٢٨) مدى الصوت الانساني * مدى الصوت الانساني القوي ٧٠٠ قدم في الفضاء على درجة الهواء الاعتيادية . واما في ليالي الصقيع الباردة فيسمع واضحًا عن بعد عظيم اذا كان الليل هادئًا والهواء خالصًا من المجاري والرياح فقد تكلموا في نواحي القطب الشمالي وبينهم ميلٌ وربع (٦٦٠٠ قدم) وقيل ان صوت الحارس سُمع عن بعد عشرة اميال في نواحي جبل طارق

(٣٢٩) التكلم * يقوم التكلم بلفظ احرف العلة وهي في العربية الواو والالف والياء والحروف الصحيحة وهي ما بقي من حروف الهجاء على وجهٍ مفهوم . فاحرف العلة اصوات تخرج من الحنجرة ويتنوّع لفظها بحسب فتح الفم ومدّ الشفتين او قصرها لابعاد فتحة الفم عن الحنجرة او تقريبها اليها كما في لفظ الواو والياء من قولك "جوريّ" . والحروف الصحيحة اصوات قد يتنوّع لفظها ايضًا بحسب شكل الحلق والفم واللسان والشفتين كما في الهاء والزاي والسين والشين والظاء وقد تقطع بالحلق واللسان والشفتين كالقاف والتاء والباء الخ . ولما كان الصوت يخرج كاملاً في احرف العلة كانت هذه الاحرف اشدّ صوتًا من الحروف الصحيحة . ولذلك اذا اردنا اسماع كلامنا للثقيل السمع فقد يكفي ان نُفصح لفظ الحروف الصحيحة دون ان نرفع اصواتنا فان فصاحة اللفظ هي سلامة حروفهِ من الخلل لا رفع الصوت فيهِ[1]

(١) الصوت في الحيوانات العجم . للحيوانات العجم اصوات مختصة بها كاختصاص الصهيل بنوع الفرس والنهيق بنوع الحمار والمواء بالهرّ وهلمّ جرًّا . والفرق في اصواتها مسبب عن تركيب حناجرها تركيبًا خاصًا بها ولا سيما عن شكل واتساع المنخرين وباقي المسالك التي يمرّ الهواء فيها . وقد امتاز الهرّ من بين ذوات الثدي بكون الوترين الصحيحين والكاذبين متساويين فيهِ تقريبًا ولذلك تجد نغمات كثيرة في موائهِ شبيهة بنغمات البشر . وللطيور حنجرتان علوية وسفلية موضوعة في اسفل القصبة عند شعبتي الرئة وهذه الثانية هي التي تصوّت . فلا يصوت من الطير ما كان بدونها . والحشرات تصوّت بطرق شتى فبعضها يصوت بالقرع وبعضها بصك اعضائهِ القرنية احدها على الآخر كالجندب

(٢٤٠) الأذن * الأذن عضو السمع وتُقسم في الانسان[1] الى ثلاثة اقسام الاذن الظاهرة والاذن المتوسطة او الطبلة والاذن الباطنة او التيه . فالاذن الظاهرة مؤلفة من الصيوان الذي يجمع امواج الصوت ومن الصماخ السمعيّ الظاهر وهو خرق الاذن الذي يؤدي تلك الامواج الى الاذن المتوسطة وطوله نحو قيراط . والاذن المتوسطة او الطبلة وهي تجويف بين الاذن الظاهرة والباطنة وتنفصل عن الظاهرة بغشاء يقال له الغشاء الطبلي وفيها ثلاث عظيمات



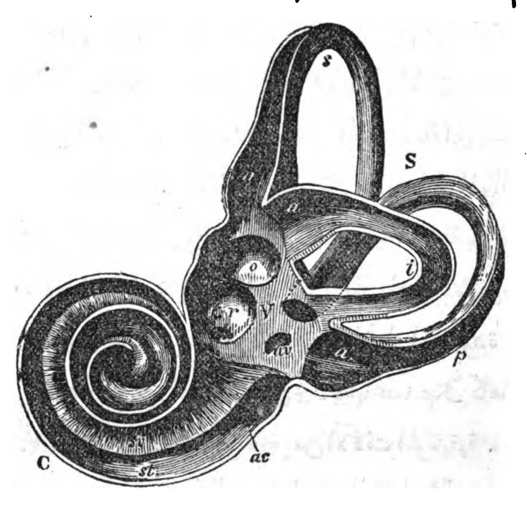
الشكل ١٢٨

دقيقة تتصل بعضها ببعض وتوصل الاذن الظاهرة بالباطنة وتسمى المِطرقيّ وهو متصل بالغشاء الطبليّ والسنداني والركابي وهو متصل بالاذن الباطنة . وسميت كذلك لمشابهتها المطرقة والسندان والركاب الافرنجي . وتمتدّ قناة اسمها بوق اوستاكيوس من الاذن المتوسطة الى البلعوم فيدخل الهواء في هذه القناة من البلعوم الى الاذن المتوسطة ويشغلها . والاذن الداخلة او التيه هي عضو

و بعضها بتصفيق جناحيهِ بسرعة كالبعوض . وزعم بعضهم ان اصوات الحشرات تحدث عن مرور الهواء من فوهات المسالك الهوائية فيها فتصوت كالصافورة

(١) اما الحيوانات العجم فالزُوفيت ابسطها تعوزها حاسة السمع على ما يظهر . والحشرات لا تعرف آلات السمع والظاهر انها تسمع بعض السمع . والحيوانات الرخوة آلة السمع فيها زقّ مملوء سائلاً مفروشة فيهِ الياف العصب السمعي . او زقّ مملوء ماء والعصب السمعي متصل بجسم حجري فيهِ . ولذلك لا تقدر هذه الحيوانات على الشعور بالنغمات الموسيقية وانما تميز صوتاً غير موسيقي من آخر موسيقي او تميز كيفيتها بعض التمييز والمظنون ان آلة السمع في هذه الحيوانات بمثابة القنوات الهلالية في غيرها . والزحافات والافاعي تبتدئ الاذن فيها بالغشاء الطبلي وتزيد النوقعة فيها على ما في الحيوانات الرخوة . والحيوانات الباقية يزيد تركيب الاذن فيها كما لاً واتقاناً بقدر علوها في مراتب الخلق حتى يبلغ غاية الكمال والاتقان في الانسان

السمع الخاص وانما سميت بالتيه لكثرة ما فيها من المستحيرات وتتضمن سائلاً ويقسم هذا التيه الى ثلاثة اقسام الدهليز في الوسط . والقنوات الهلالية



الشكل ١٢٩

والقوقعة الحلزونية الشكل على جانبيهِ وتستطرقان اليهِ . ويتضمن هذا التيه العظمي تيهاً آخر غشائياً يشبههُ في اكثر اجزائهِ ويتضمن سائلاً مثلهُ . وفي التيه الغشائي خيوط دقيقة مرنة شعرية وكتل متبلورة ترابية وفي القوقعة ثلاثة آلاف جسم صغير تسمى عصي كورتي . ويمتدّ العصب السمعيّ من الدماغ الى داخل التيه ويتوزّع في باطن القنوات الهلالية والدهليز والقوقعة مارّاً بين الخيوط الشعريّة والكتل الترابيّة وفي القوقعة ينتهي بعضهُ الى عصي كورتي . ترى صورة باطن التيه في الشكل ١٢٩ وقد نُزع جدارهُ العظميّ من الاعلى والظاهر

(٢٤١) كيفية حصول السمع * اذا اتجهت امواج الصوت نحو الاذن

الشكل ١٢٩ p s s القنوات الهلالية الثلاث V الدهليز . C القوقعة ملفوفة لفتين ونصف لفة r الكرة المستديرة o الكرة البيضية

عكسها الصيوان وجمعها في الصماخ السمعي الظاهر فتدخل منهُ وتقع على الغشاء الطبليّ فيهتزُّ ويهزُّ العظيمات في الاذن المتوسطة . وينتقل الاهتزاز عليها وعلى الهواء المحيط بها الى كوّتين احداها في الدهليز والاخرى في قوقعة التيه . وعلى وجه كلٍ من الكوّتين غشاء فيهتزُّ هذا الغشاء وينتقل الاهتزاز عليهِ الى السائل الذي وراءهُ ومن السائل الى فُريعات العصب السمعي ومنهُ الى الدماغ فتشعر النفس بالصوت . والمظنون ان الاهتزاز لا ينتقل من السائل الى العصب رأساً بل الى الخيوط الشعريَّة فتهتزُّ وتهيج الفريعات العصبية المتصلة بها ضغطاً متقطعاً كاهتزازها . والمرجح ان الغرض من هذه الكتل اطالة الاصوات السريعة الزوال التي تنتهي اولاها . واما عصي كورتي فكالاوتار المشدودة شدًّا متفاوتاً بحيث ان كل صوت يقع على اذن الانسان يجد بينها عصاً يهتزُّ كاهتزازهِ ويؤديهِ الى الدماغ فهي اشبه شيء بالعود او نحوهِ من الآلات الموسيقية . هذا ويكون بوق اوستاكيوس مسدودًا على الغالب فينقطع الهواء الخارجيّ عن هواء الاذن المتوسطة . فاذا اتفق ان ضَغْط هوائها قلَّ عن ضغط الهواء الخارجي نتألم من ضغط الهواء الخارجيّ لماولاتهزُّ الغشاء الطبلي الاهتزاز التام فلذلك يثقل السمع. وعند الازدراد يُفتح بوق اوستاكيوس فيدخل الهواء الى الاذن المتوسطة وترد الموازنة ولهذا ترى مهرة الطبجية يفتحون افواههم عند اطلاق المدافع

(٢٤٣) مجال السمع * قال العلاَّمة هَلْمهلتز اخفض الاصوات الموسيقيَّة ما اهتزَّ ١٦ اهتزازة في الثانية[١] واعلاها ما اهتزَّ ٣٨٠٠٠ اهتزازة فيها . فاذا نقص عددها عمَّا ذكر سمعت طقطقة كل اهتزازة ولم يحدث منها صوت موسيقي فيمتدُّ مجال السمع في الانسان اذًا على نحو احد عشر ديوانًا . ولكنَّ مجال الموسيقى الاعتيادي لا يزيد عن سبعة دواوين * هذا والناس على اختلاف في سمع

---

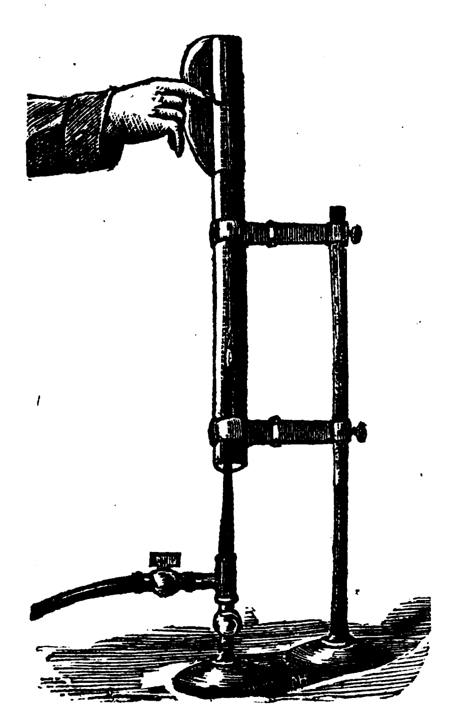
(١) اذا ادخلت اصبعك في اذنك وقبضت عضلات يدك قبضاً شديدًا سمعت صوتاً عميقاً كصوت الجرس الكبير يهتزُّ ٣٢ اهتزازة في الثانية

الاصوات العالية والسافلة فقد يسمع بعضهم ما لا يسمعهُ الآخر. فربَّ اثنين صحيحي السمع يقلق احدهما من صرير الصرصور ولا يسمع لهُ الآخر صوتًا البتة . والظاهر ان الاصوات السريعة الاهتزاز القصيرتهُ تؤثر في عصب السمع اشدّ مما تؤثر فيهِ الاصوات البطيئة الاهتزاز الطويلتهُ . ولهذا ينتبه الناس الى حفيف اجنحة الجراد اكثر مما ينتبهون الى هبوب النسيم بين الاغصان ولا يسمعون للرياح العلوية صوتًا مع انها تجري فوقهم جري البحار المدّارة ولا يسمعون للهوجاء صوتًا حتى تصدم بيتًا او تقتلع شجرةً فيسمعون لها حينئذٍ صوتًا شديدًا وما هو الّا امواج ثانوية اقصر من امواج الهوجاء قبل صدمها البيت او اقتلاعها الشجرة . الّا ان ذلك لا يخلو من الشذوذ فان من الناس من لا يسمع الاصوات العالية البتة وسمعهُ للاصوات المنخفضة حادٌّ شديد . حكي ان فتاة لم تسمع رنين الجرس وهو يدق شديدًا بل سمعت طقطقتهُ عند وضعهِ في محلهِ

واعلم ان عدم سمعنا الاصوات ليس بدليل على عدم وجودها فمن المحتمل ان يوجد في الارض اصوات لا نعلم بها البتة . ولو تنبهت فينا حاسة السمع اكثر مما هي عليهِ فربما كنا نسمع حولنا اصواتًا لا تخطر لنا الآن على بال . وعلى ذلك قال بعض الافاضل لا يبعد ان جند السماء يصدحون بتسابيحهم حولنا حتى ترقص الارض طربًا من تسابيحهم ونحن صمٌّ لها لا نسمع الّا صوت صلواتنا الفاترة * ومن العجائب ان الاذن تميّز الاصوات فتحلها وتردّ كلًّا منها الى اصلهِ ولو وردت اليها من موارد لا تحصى . فلو عُزف بالف مِعزَف من المعازف فالاذن تميز بعضها من بعض وتودي تأثير كل منها الى النفس فتطرب النفس لكل منها بقدر ما يؤثر فيها من الطرب مع ان اصواتها تهزّ الهواء في جهات متخالفة ومتضادّة وتنحصر كلها في مجرًى دقيق من الهواء لا يزيد ثخنهُ عن ثخن صماخ الاذن

(٢٤٣) استعداد الطبيعة للتطريب * قال العلّامة تندل ان الاحتكاك

يغنّي كالمغنّي فاذا أُطلقت رصاصة في الهواء انطلقت ولها صوت تغريد كصوت الطير. واذا هزّت الريح الاغصان مالت ولها حنين . وقالوا ان ضجيج الناس في المدن وكل ضجة اذا سُمعت عن بعد سمعت على برجٍ و من السلّم . فكيفما



الشكل ١٤٠

توجهنا في الارض نرى فيها ونسمع ما يلذُّ للنظر وللسمع وما ذلك الّا لانّ الخالق يسرُّ بتطريب ما لا يعقل بل ما لا حياة فيهِ كما سرَّ بحسن ما صنعت يداهُ فتبارك من خلّاق حكيم

(٢٤٤) اللهب الحاسّة * قد يتأثر اللهيب تأثرًا ظاهرًا باهتزاز الاصوات فيرقص مهتزًا باهتزازها ففي البلاد التي يضوّئون فيهـا الغاز نتراقص

الانوار في ليالي الطرب مهتزّة كاهتزاز الاصوات التي تحلو لها . قال بعضهم شاهدت نورًا يرتجف ويتلوى عند الصفير كأن فيهِ انفعالات البشر وكان لشدّة تاثرهِ يهتزُّ لتكّة الساعة الصغيرة عند تقريبها اليهِ . وقد استعملوا اهتزاز هذه اللهب لاظهار الفرق بين اصوات احرف العلة ولغير ذلك من تجارب الصوت

(٢٤٥) اللّهب المغنية * اذا انزلنا انبوبة من الزجاج على لهيب غاز الهيدروجين كما ترى في الشكل ١٤٠ فبعد بلوغها حدًّا يصوت اللهيب مغنيًا. ويخال السامع صوتهُ اولاً بعيدًا ثم يخالهُ يقرب منهُ حتى يصير شديدًا يستصعب سمعهُ . وتتوقف نغمة هذا الصوت على حجم اللهيب وطول الانبوبة . وسببهُ اتحاد الهيدروجين باكسجين الهواء بتفرقعات متوالية كما يعرف من علم الكيمياء

(٢٤٦) مسائل للتمرين *(١) لماذا لا يقدر الذين يكونون في مؤخرة صفٍّ طويل من الجيش على ضبط اوقات الموسيقى اذا كانت في المقدّمة . (٢) تأخر الرعد عن البرق ثلاث دقائق فكم بعد الراعدة . (٣) مرّت خمس ثوانٍ بين ضوء المدفع وصوتهِ فكم بعدهُ . (٤) كم يقتضي للصوت من الزمان حتى يصل من قرية الى اخرى تبعد عنها عشرة اميال لو وُصل بينهما بانبوبة الكلام . (٥) أطلق زيد بندقيتهُ قبالة صخرةٍ فرجع الصدى عنها في اربع ثوانٍ فكم بعدها عنهُ . (٦) ما هو سبب الاختلاف بين صوت الرجال والنساء وبين الباس والتنر . (٧) تكسّر نيزك من نيازك ١٣ تشرين الثاني ١٨٦٨ على علو ٦٠ ميلاً ففي كم من الزمان وصل صوتهُ الى الارض . (٨) رمينا حجرًا في بير ثم سمعنا صوت مصادمتهِ لقعرها بعد اربع ثوانٍ فكم عمقها . (٩) في كم من الزمان يسير الصوت خمسة اميال في ماء بحرٍ هادئٍ . (١٠) كم تزيد شدّة صوت المدفع عند من يسمعهُ على بعد عشرين قصبةً على شدّتهِ عند من يسمعهُ على بعد نصف ميلٍ . (١١) أعلى راس الجبل تزيد سرعة الصوت أم على سفحهِ .

(١٢) لماذا يكون الصدى اضعف من الصوت الاصلي . (١٣) لماذا يتعب المتكلم ببوق التكلم . (١٤) كم عدد الاهتزازات التي يهزها البرج الخامس من السلم الطبيعي في الثانية. (١٥) ما هو طول امواج الصوت في ذلك البرج اذا كانت درجة الحرارة صفرًا . (١٦) كم عدد الاهتزازات في البرج الرابع من السلم الطبيعي . (١٧) اصنع شبّابة وعيّن بعد ثقوبها بعضها عن بعض لديوانين من السلم

ملحق

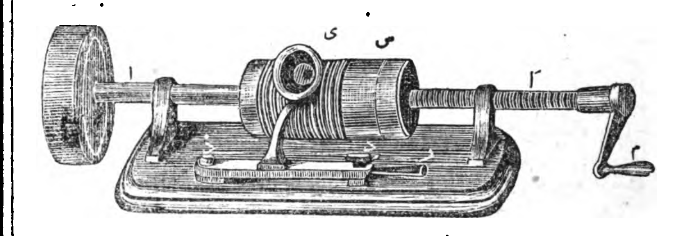
في غرائب الصوت والفونغراف

قال سِليمن : سُمع صوت المدافع عن بعد ٢٥٠ ميل بوضع الاذن على الارض . وقيل سُمع صوت المدافع في حرب جِنه من مدينة درسدن على بعد ٩٢ ميلاً . وفي فيرفكس بولاية فرجينيا من الولايات المتحدة مكان يردّ صدى عشرين نغمةً تعزَف بالفلوت ولكنهُ يغيّر علوّ بعضها عما هو . وقال السّر جون هرشل تسمع تكة الساعة الصغيرة في كنيسة ابي بانكلترا من طرف الى طرف. وفي أيل أف وَيْت بئر ملساء من الداخل عمقها ٢١٠ اقدام وعرضها ١٢ قدماً فاذا وقعت فيها الابرة سمع صوت مصادمتها للماء. وفي بعض جهات الكولوسيوم بلندن يُسمع صوت تمزيق الورق كطقطقة البرَد من تكرير الصدى لهُ واذا تكلم الانسان فيهِ كلمةً رُدَّت عليهِ متتالية كأنَّها قهقهة الضاحك

اذا تعبت النحلة كان صوت دندنتها على و من السلم واما اذا ذهبت

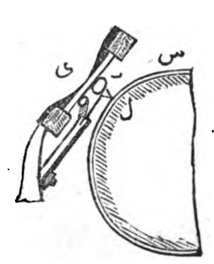
تجني فيكون صوتها على ١ واذا أُمسكت ذبابة الخيل صنقت جناحيها ٣٥٠ صنفقةً في الثانية والنحلة ١٢٠ صنفقةً . ومن العجيب ان قوّة قليلة تحرّك مقدارًا عظيمًا من الهواء فانّا نسمع للطائر صوتًا واضحًا عن علوّ ٥٠٠ قدم وذلك يقتضي له تحريك كرةٍ من الهواء قطرها ١٠٠٠ قدم وثقل هوائها اكثر من ١٤٩٠٠ اقة

فونوغراف أديسُن . قد اخترع اديسن الفيلسوف الاميركاني آلة لاعادة الصوت تسمى فونوغراف وهي كلمة يونانية معناها كاتب الصوت وقد اشتهرت هذه الآلة بامرين الاوّل بساطة تركيبها والثاني عظم فائدتها



الشكل ١٤١

ترى في الشكل ١٤١ فوهة ي شبيهة بالاذن في نهايتها غشاء طبلي معدني مرن رقيق وقد غُرز رأس محدّد من فولاذ في زنبرك على قفا الغشاء وهذا الراس المحدّد يضغط بلطف على سطح صفيحة من تنك ويبعث اليها اهتزازات الغشاء بتوسط انابيب من الصمغ الهندي وانبوبة اخرى مجوّفة تسكّن اهتزازات الزنبرك نفسهِ .وهذا يُدلّ عليهِ في الشكل ١٤٢ الذي هو صورة مكبّرة



الشكل ١٤٢

اما صفيحة التنك فملفوفة على محيط اسطوانة مستطيلة س على وجهها حفر لولبي مصنوع بكل دقّة واحكام كل خيط منهُ

نحو $\frac{1}{10}$ قيراط . والاسطوانة تشتغل دائرة على لولب اا الذي خيطانة كخيطان الاسطوانة نفسهـا ويدار بواسطة المقبض م وتلك الحركة يضبطها دولاب كبير . وفي الآلة نظام آخر ذ د ر به يترتب موقع الفوهة وضغطها على صفيحة التنك

فاذا اهتزّ الغشاء بالتكلم او الترنم في الفوهة حينما تدار الاسطوانة ادارة متصلة فذلك يجعل سردًا من نقطٍ وخطوط على صفيحة التنك التي تحفظها لكونها غير مرنة

ثم اذا انعكس العمل بأن تُعكس ادارة الآلة تنشئ صفيحة التنك المحززة صوت الغناء او التكلم الذي كانت قد اشتغلته الفوهة . والاحسن لردّ الصوت استعمال فوهة خصوصية اعظم من الفوهة الاولى مخصّرة كالتي في الشكل ١٤٣ . وهذه ترتّب بحيث يشتغل الراس المحدّد في حزوز سير التنك بين خيطان اللولب الذي للاسطوانة . وذلك يجعل خصر الفوهة يهتزّ ولما كانت اهتزازاته متصلة بالهواء بواسطة الفوهة يعيد الصوت . فاذا أُريد ان يكون الصوت مرتفعًا أُستُعمل له الغشاء الرقيق المرن . واذا أُريد ان يكون واضحًا أُختير له غشاء صلب

وعلى هذا الاسلوب قد أُعيد الصوت وسمع واضحًا . اما المقاطع فممتازة مع كونها ضعيفة والفوهة تعيد لهجة الشخص الذي يتكلم فيها ولكن بخنّةٍ فعلى هذا يمكن ان يخزن الكلام على سَيرٍ من تنك ويحفظ زمنًا مديدًا . ويمكن ان يُعاد الصوت اكثر من مرّة بواسطة سير التنك غير انه بعد الاعادة ثانيةً تضعف قوّته كثيرًا

اذا ازدادت سرعة الدوران عما كانت قبلُ تتغيّر لهجة التكلم واذا لم تكن على نسق واحد فالاعادة في الترنم غير صحيحة . فلكي تجعل السرعة على نسق واحد قد تُستعمل لذلك ساعة كبيرة

ثم ان في درجات الوضوح للمقاطع والحركات التي تعاد فرقًا جسيمًا . فان السين مثلاً اذا أُدير الفونوغراف في عكس الجهة قليلة الوضوح جدًّا ولكن سائر الحروف تبقى على سجيتها . وتُعاد الكلمات والحروف معًا مقلوبة . وحسب تقرير اديسن يمكن تدوين

٤٠٠٠٠ كلمة على فسحة لا تفوق

عشرة قراريط

مربعة

م



الباب الثامن

في البصريات

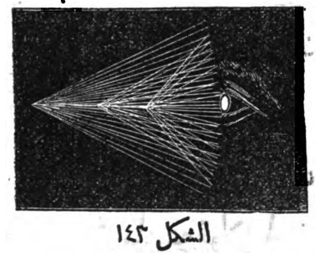
الفصل الاول

في النور ونواميسهِ

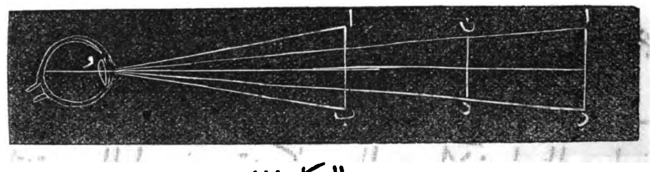
(٣٤٧) حدودٌ * البصريّات فنٌّ يُبحث فيهِ عن النور. والاجسام من حيث ملابستها للنور اما منيرة وهي ما يصدر النور منهُ كالشمس والنار ونحوها. واما مظلمة وهي ما لا يصدر منهُ نور بل ينعكس عنهُ نور غيرهِ اذا وقع عليهِ وهذه لا تُرى الاَّ بنورٍ مكتسب من غيرها كالقمر والحجر ونحوها * والاجسام من حيث نفوذ النور منها امَّا شفَّافة او شبيهة بالشفَّافة او ظليلة. فالشفافة هي التي تُعيق النور يسيرًا عن نفوذهِ منها كالزجاج فتُرى الاشباح من ورائها[1]. والشبيهة بالشفَّافة هي التي تعيق النور كثيرًا عن نفوذها

(١) الشفاف والظليل كلمتان اعتباريتان فلا جسم تامّ الشفافية ولا الاظلال لانهُ لا بدَّ للشفاف من ان يصدَّ بعض النور عن نفوذهِ فان اصفى الزجاج يضعف النور يسيرًا.

كالورق المزيَّت ونحوهِ فلا ترى الاشباح من ورائها . والظليلة هي التي لا ينفذها النور كالحجر ونحوهِ بل تلقي ظلاًّ كثيفاً على الارض * والوسط هو المكان او الجسم الذي يسير النور فيهِ كالفراغ والماء والهواء والزجاج وما اشبه * وشعاعة النور خطٌّ واحد من خطوطهِ . فاذا أُدخل النور من ثقبٍ دقيق الى غرفة مظلمة ظهرت الشعاعة من سطعان الهباء الذي تقع عليهِ * وقلم النور عدَّة اشعَّة منفرجة من نقطة واحدة او منضمَّة اليها . اما المنفرجة فهي التي تتفرَّق من نقطة واحدة واما المنضمَّة فهي التي تلتقي في نقطة واحدة بعد تفرُّقها . ترى ثلاثة اقلام في الشكل ١٤٣



الشكل ١٤٣



الشكل ١٤٤

وحبل النور اشعَّة متوازية مجتمعة معاً

ويقال انهُ لو صار عمق الهواء ٧٠٠ ميل لكان لا يوصل الينا نوراً من الشمس ولا الكواكب. ولا بد للظليل من ان ينفذهُ بعض النور فان الذهب اذا طرِّق ورقاً يخضرُّ لونهُ ويشفُّ كالشبيه بالشفاف وكذلك القرون اذا قشرت . وقد وجدوا ان النور ينفذ الى اعماق البحار فلا يبقى ما هناك في الظلام الحالك طول دهرهِ

(٢٤٨) زاوية النظر * هي الزاوية الواقعة بين شعاعتين تلتقيان في العين احداها من طرف واحد من الشبح المنظور واخرى من طرفهِ الآخر

ليكن ا ب (الشكل ١٤٤) شبحًا تراهُ العين و فالزاوية ا و ب هي زاوية النظر وهي تصغر ببعد الجسم عن العين فاذا نقلنا الشبح ا ب الى ا د تصير زاوية النظر ا و د و هي اصغر من الزاوية او ب فلذلك يظهر الشبح ا د اصغر من ا ب . اذًا اذا كبّرنا هذه الزاوية او صغّرناها بواسطة من الوسائط مع بقاء بعد الشبح على حالهِ نكبّر الشبح للعيان او نصغّرهُ كما سيأتي في المرايا والعدسيّات ان شاء الله

(٢٤٩) النور * النور شيء اذا اصاب شبكيّة العين أثّر فيها البصر. وفي ماهيتهِ قولان احدهما انهُ مادّة لطيفة مؤلفة من دقائق صغيرة جدًّا تنبعث من الاجسام المنيرة الى كل الجهات في خطوط مستقيمة بغاية السرعة فتصيب الاجسام ثم تنعكس عنها الى العين فتبصر العين الاجسام بها وهذا قول اسحق نيوتن وطائفة من الطبيعيين وقد كاد يبطل * والآخر ان النور ليس مادّة بل اهتزازٌ في الإثير والإثير سائل على غاية اللطافة منتشر في جميع نواحي الكون يشغل كل فراغ ويتخلّل مسامّ الاجسام فينفذ من مسامّ الزجاج ويشغل الفراغ التي تحدثهُ المفرّغة في القابلة ولا يقبل كاشفًا من الكواشف الكيميّة

ولبيان حدوث النور من الاجسام المنيرة يُظن ان الشمس ونحوها تكون دقائقها في حالة الاهتزاز على الدوام فيهتزُّ باهتزازها الإثير الملابس لها ويتموَّج امواجًا مستديرةً حول الجسم المنير حتى يقع على العين فتشعر بالنور او حتى يصيب الاجسام ويتعكس عنها الى العين فتبصرها بواسطتهِ . فتكون امواج النور على هذا القول كامواج الصوت ولكنَّ الصوت يكون في الهواء والنور في الإثير والصوت يسير في نفس الجهة التي تسير فيها امواجهُ واما النور فيسير في جهة معارضة لجهة امواجهِ . فاذا وقعت شعاعةٌ علينا من نجم فوق رؤُوسنا فالدقائق التي تتألف منها امواج تلك الشعاعة تهتزُّ الى الشمال والجنوب والشرق والغرب وكل جهة بين هذه الجهات الاربع بحيث تكون جهة اهتزازها عمودية على جهة نزول الشعاعة

(٢٥٠) نواميس النور * نواميس النور ثلاثة : الاوَّل . ان النور ينبعث بالتساوي من الجسم المنير الى كل الجهات . ودليل ذلك انَّا نرى الجسم المنير من اي ناحيةٍ التفتنا اليهِ ولا يخفى جزءٌ منهُ عنَّا اكثر من غيرهِ كيفما درنا حولهُ

الثاني . ان النور يسير في خطوط مستقيمة اذا اخترق وسطاً متجانس الاجزاء — اعني ان يكون تركيب الوسط واحدًا وكثافتهُ واحدةً في كل اجزائهِ

ودليل ذلك انهُ اذا اعترض جسمٌ ظليلٌ بين عيوننا وبين الاجسام المنيرة يخفي الجسم المنير عنا لان اشعتهُ تسير في خطوط مستقيمة فلا تدور حول الجسم الظليل حتى تقع على عيوننا . ولذلك لا نرى الاشباح من وراء الحائط ولا من وراء صفائح متعدّدة مثقوبة ما لم تكن ثقوبها واقعةً بعضها فوق بعض

بحيث تدخل الاشعَّة منها على استقامتها

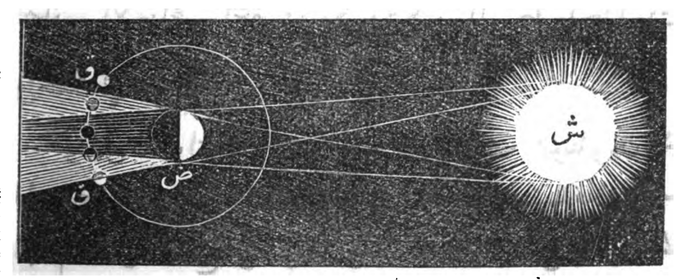
(٢٥١) الظلّ والظَّليل * الظلّ انقطاع اشعَّة الشمس او نحوها عن مكان لحيلولة جسمٍ ظليل بينها وبينهُ . والظَّليل انقطاع بعض اشعَّة الشمس عنهُ وهو متوسط بين الضحّ والظلّ . ولبيان ذلك ليكن ا ب (الشكل ١٤٥) لهيب شمعة وت ث شبحٌ ظليل قبالتهُ فعند وقوع الاشعَّة من ا ب على ت ث تُصدّ عن نفوذهِ فيبقى ما وراءهُ مظلمًا وهو ظلّهُ

فلو كان ضوء الشمعة نقطةً واحدة فقط لألقى الشبح وراءهُ ت ث ظلاً ظليلاً فقط ولكنّ ضوءها مؤلَّف من نقط عديدة وكل نقطة تبعث قلمًا منفرجًا من النور الى كل الجهات . فالنقطة ا مثلاً تبعث القلم ت ا ث فتي وقع على طرفي الشبح ت ث تذهب الشعاعة ا ت في جهة ذ والشعاعة ا ث في جهة ز .



الشكل ١٤٥

والنقطة ب تبعث القلم ت ب ت فتذهب شعاعتهُ ث ب في جهة ر وت ب في جهة د فالقلم المنبعث من ا يلقي ظلاً على الفسحة ز ث ر ونورًا على الفسحة د ت ذ والقلم المنبثق من ب يلقي نورًا على الفسحة الاولى وظلاً على الثانية بعكس الأوّل واقلام بقية النقط التي بينها تلقي ظلاً على الواحدة ونورًا على الاخرى حسب قربها من ا او ب . فيكون الظلّ في الفسحتين المذكورتين اقلّ ظلامًا من

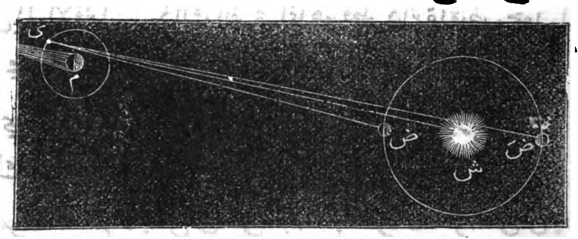


الشكل ١٤٦

ت ث ر ذ الذي لا يقع عليهِ نور. واقل نورًا من بقيَّة الاجزاء المستنيرة ولذلك يسمى ظُليلاً وهو يقلُّ ظلامًا كلما ابتعد عن الظل. ويشاهد جليًّا في ظل الارض عند انخساف القمر فانهُ ينخسف اولاً بدخوله الظليل ثم الظلّ كما ترى في الشكل ١٤٦ ش الشمس و ض الارض وق القمر في ظلها وظليلها

(٢٥٢) الناموس الثالث * ان كثافة النور تنقص بقدر ما يزيد مربَّع بعدهِ . فاذا اضأنا خمسة مصابيح متساوية النور كثافةً ومقدارًا ووضعنا مصباحًا منها على بعد ذراع واحدة والبقيَّة على بعد ذراعين عنا رأينا نورهُ معادلاً لنور الاربعة معًا . وسبب تناقص كثافة النور بزيادة مربع بعدهِ هو ان اشعتهُ تنفرج في البعد فتنتشر على سطح اوسع من الاوَّل كلما بعدت

(٢٥٣) سرعة النور * المعوَّل عليهِ الآن هو ان النور يقطع ١٩٢٠٠٠ ميل في الثانية ولعظم سرعتهِ هذه لا يُشعر بها عادةً على الارض . فمها كان بعدهُ عن الناظر يظهر لهُ وللذين ابعد منهُ في وقت واحد حتى انهُ لو دار قلم منهُ حول الارض لاكمل دورتهُ اسرع من لمح البصر



الشكل ١٤٧

تستعلم سرعة النور بطرق متنوّعة ابسطها خسوف اقمار المشتري وذلك ان للسيار المشتري اربعة اقمار تدور حوله في مدّات مختلفة . فمتى وقع بين الشمس وبينها تمرّ في ظلّهِ فتخسف عنا في اوقات معلومة . فمن انخسافها هذا استخرج فلكيّ دنماركي يسمى رُومِير سرعة النور كما يأتي : ليكن م المشتري (الشكل ١٤٧) وي اوّل اقمارهِ يدور حوله في الدائرة المرسومة . وليكن ش الشمس وض ضَ الارض دائرة في دائرتها حول الشمس . فمتى كانت الارض عند ض والمشتري وقمرهُ المذكور في الاستقبال تكون الفترة بين انخساف ى وانخساف آخر يتلوهُ ٣٦″ ٢٨′ ٤٢س . ثم اذ كانت تسير في دائرتها حول الشمس ش وتتباعد عن ذلك القمر لاحظ الفلكي المذكور ان فترات انخسافهِ كانت تتزايد اي انهُ كان يتأخر عن الميقات المعيَّن المرقوم لكل انخساف يتلو ما قبلهُ بعد تقييد الانخسافات المتوالية في زيجهِ حتى وصلت الارض بعد ٦ اشهر الى ضَ اذ صار قمر المشتري في الاقتران فكان هناك معظم التأخير الذي وصل الى ٣٦″ ١٦′ . ومن ثمّ اخذت الفترات بين خسوفات متوالية تتناقص برجوع الارض الى ض حتى صارت ثمّ ٣٦″ ٢٨′ ٤٢ س . ولكنهُ لم يحصل فرق يعتدّ بهِ بين فترات الخسوفات المتوالية في سيرها في قوس صغيرة عند الاستقبال او الاقتران حيث لا يزداد البعد لذلك ازديادًا يلتفت اليهِ . فحكم رومير حكمًا قطعيًّا ان ذلك التأخير لابد ان يكون مسببًا عن تأخير وصول النور بسيرهِ في تفاوت بعد الارض عن قمر المشتري بتباعدها عنهُ من الاستقبال الى الاقتران . وذلك الفرق انما هو قطر دائرة الارض حول الشمس ومقدارهُ بحساب الفلكيين ٠٠٠ ٢٤٠ ١٨٩ ميل فاذا قسمنا هذا العدد على ٩٩٦″ اي ثواني ٣٦″ ١٦′ يخرج ١٩٠٠٠٠ ميل سرعة النور في ثانية واحدة . وعلى ذلك يلزم للنور ٨ دقائق و١٨ ثانية فقط حتى يصل من الشمس الينا مع ان صوت المدفع لا يصل في اقلّ من سبع عشرة سنة لو امكنَ ان يصل منها الينا

هذا ولعظم بعد النجوم عنا يقتضي للنور سنون حتى يأتي منها الينا فاقرب نجم من النجوم الثوابت لايصل نورهُ الينا الاَّ بعد خروجهِ منهُ بثلاث سنين ونصف سنة وغيرهُ لا يصل نورهُ الينا الاَّ بعد الوف من السنين. فاعجب لعظمة هذا الكون واقتدار خالقهِ جلَّ جلالهُ

(٢٥٤) امتصاص النور * لاجسم كامل الشفافيَّة فلا بدَّ ان اشفّ الاجسام يطفئ بعض النور بابطالهِ تموّج الإثير وهذا يقال لهُ امتصاص النور. فاذا وقع ضوء الشمس على جسمٍ اسود قلنا ان الاسود يمتص النور ليس لانهُ يمتصهُ حقيقةً كما تمتص الخرقة الماء بل لانهُ يبطل تموّج الاثير فيطفئ النور. فيكون لفظ الامتصاص في النور من باب المجاز

م

الفصل الثاني

في انعكاس النور

(٢٥٥) النور المستطير والنور المنعكس * انعكاس النور هو رجوعهُ عن جسمٍ بعد وقوعهِ عليهِ من جسمٍ منير. فاذا كان الجسم الذي يقع النور عليهِ خشن السطوح فلسبب خشونتهِ تتفرّق الاشعّة عنهُ منتشرةً منهُ الى كل الجهات فيُرى ذلك الجسم من كل جهةٍ ويسمى النور المندفع عنهُ النور المستطير . واما اذا كان املس صقيلاً فتندفع اشعّة النور عنهُ الى جهةٍ واحدة او الى جهات معيّنة فلا نرى منهُ صور الاشباح الاّ اذا وقفنا في تلك الجهات المعيّنة . ويسمى هذا النور النور المنعكس

• بالنور المستطير نرى الاشباح الظليلة نفسها وبالنور المنعكس نرى صورة الاشباح لا الاشباح نفسها لان الاجسام الصقيلة التي يندفع عنها النور المنعكس لا تظهر هي بهِ وانما تظهر بهِ الاشباح التي اوقعتهُ عليها . كالمرآة مثلاً فانّا لا نراها هي بالنور المنعكس بل نرى الاشباح التي توقع النور عليها . واذا قيل فكيف نرى المرآة نفسها فالجواب انّا نراها بالنور المستطير فقط . ولو كانت تامّة الصقالة والشفافيّة لم نرها البتة . ومن الشواهد على ذلك ان زجاجة المرآة اذا تغيرت سهل على الانسان ان يعلم بوجودها لانها تخشن . وكلما صفت عسر عليهِ

ذلك حتى ان كثيرين يرون صور الناس في المرآة فيحسبونهم الناس انفسهم لا صورهم لعدم علمهم بوجود المرآة

واعلم ان النور اذا وقع على جسم شفّاف فالجانب الاكبر منهُ ينفذهُ والاصغر ينعكس عنهُ واذا وقع على جسمٍ ظليل فبعضهُ ينعكس عنهُ وبعضهُ يمتصُّ . ويزيد مقدار ما ينعكس من النور بحسب صقالة الجسم فكلما زادت الصقالة زاد النور المنعكس الاَّ اذا كان لون الجسم اسود فانهُ يمتصُّ النور . ولولا النور المستطير والمنعكس لم نقدر على رؤْية الاشباح ولا رؤْية صورها . فكل ما يرى من جسم ولون وصورة انما يرى بالنور المندفع عنهُ

(٣٥٦) ناموس انعكاس النور * هو مثل ناموس انعكاس الاجسام المرنة والاصوات اعني ان زاوية الوقوع تعدل زاوية الانعكاس . وتكون كلتا الشعاعة الواقعة والمنعكسة في سطحٍ واحدٍ عموديٍّ على السطح العاكس

ويتضح ذلك من هذه التجربة . وهي : اذا وُضعت العين في الانبوبة ي (الشكل ١٤٨) وكانت الانبوبة ف متجهة الى الشمس ظهرت صورة الشمس عند شَ لان الشعاعة ش د تنعكس عن سطح الزئبق اب من د الى ي . ثم اذا قيست الزاوية ف د ذ وهي زاوية الوقوع وذ د ي وهي زاوية الانعكاس كانتا متساويتين . ولا تُرى صورة الشمس من غير ي اذا أُديرت الانبوبة من مكانها الى جهةٍ اخرى لانها تخرج عن حدّ زاوية الانعكاس . واما كون الشعاعتين الواقعة والمنعكسة في سطحٍ واحدٍ عموديّ على السطح العاكس فلأَن

الشكل ١٤٨

محورَي الانبوبتين ي وف يجعلان عند عمل الآلة في سطح واحد موازٍ لسطح الدائرة ذ ي ا ب وهذه الدائرة توضع بحيث يكون سطحها عموديًّا على ا ب اي على السطح العاكس. فالشعاعان اللتان تمرّان في محورَي الانبوبتين تكونان في سطحٍ واحدٍ عمودي على السطح العاكس واذا أُميلت الدائرة فلا تُرى صورة الشمس

ثم ان النور المنعكس عن سطح تزداد كثافتهُ بانعكاسهِ عنهُ بعد الوقوع عليهِ عما كانت قبل الوقوع عليهِ . وذلك لان السطح العاكس يقوّي تموّجات النور بردّ المصادمة اليهِ فتزداد كثافتهُ اي لمعانهُ . فاذا وقعت شعةٌ على السطح عموديةً انعكست عنهُ برجوعها في خطها العمودي باعظم كثافة . وكلما مالت الشعاع عن الخط العمودي على السطح من نقطة الوقوع تعظم كثافتها بعد انعكاسها عن التي تحصل لها بعد انعكاسها لو وقعت عمودية اي ان الشعاع تزداد كثافة المندفعة منها عن السطح بزيادة ميلها عن الخط العمودي عليهِ في نقطة الوقوع . فاذا وُضعت مثلاً ظلحية ورق امام مصباح افقية ونُظر اليها بزيادة انحراف اي بتقريب النظر الى الطلحيـــة تُرى صورة لهيب المصباح بالانعكاس ولكنها لاتُرى اذا كانت الشعاع اقلّ انحرافًا اي اقرب الى العمودي على الورق في نقطة الوقوع . ولذلك كلما بعدت الشمس عن الهاجرة نحو الشروق او نحو الغروب اشتدّ ضياء صورتها في مرآة او في ماء وقس عليهِ

(٣٥٧) الجهة التي تظهر الاشباح فيها . اننا لا نرى الاشباح الاّ في جهة الاشعة الداخلة منها الى عيوننا . فاذا وصلت الينا الاشعة رأسًا من غير ان تنحرف عن استقامتها رأينا الاشباح في اماكنها الحقيقيّة واما اذا انحرفت بانعكاسها من جهة الى اخرى او بانكسارها كما ستعلم رأينا الاشباح في الجهة الاخيرة التي تدخل فيهـــا الاشعّة الى عيوننا . فاذا كان ضوءٌ عن اليمين وانحرفت اشعتهُ حتى دخلت العين عن اليسار حسبناهُ عن اليسار لا عن اليمين ولذلك يُقال ان الاشباح تظهر في جهة الاشعّة الاخيرة وهو قول كثير الورود

فاحفظهُ

(٢٥٨) المرايا * كل سطح صقيل يعكس النور يسمى مرآة والمرايا على ثلاثة انواع مستوية ومحدَّبة ومقعَّرة . فالمستوية هي التي سطحها مستوٍ كالمرآة الاعتيادية . والمحدَّبة هي التي سطحها محدَّب كسطح زجاجة الساعة الاعلى . والمقعَّرة هي التي سطحها مقعَّر كسطح زجاجة الساعة الاسفل

(٢٥٩) المرآة المستوية السطح * ان اشعَّة النور ترجع بعد انعكاسها عن سطحٍ مستوٍ مائلةً عن العمودي من نقطة الوقوع كميلها عنهُ واقعةً

فاذا وقف شخص امام مرآة مستوية السطح فكلّ الاشعَّة التي تقع منهُ على المرآة تنعكس باقيةً على اوضاعها الاصليَّة[1] لان زوايا الوقوع فيها جميعها تعدل زوايا الانعكاس . فالاشعَّة الواقعة من الوجه على المرآة مثلاً تنعكس مرتبًا بعضها بالنظر الى البعض الآخر كترتيبها حال وقوعها وقس على ما تقدَّم . فتظهر صورة الشخص في المرآة المستوية مقوَّمة حجمها بقدر حجمهِ ولكن يمينها يوافق

---

(١) تسهل معرفة جهة الاشعة المنعكسة في انواع المرايا الثلاث برسم خط عمودي على سطح كل منها في النقطة التي تقع الاشعة عليها فتتكوَّن زاوية الوقوع بين الخط العمودي والاشعة . ثم نرسم زاوية تساويها على الجانب المقابل من العمودي فتكون زاوية الانعكاس . ولكي لا تلتبس على الطالب معرفة رسم العمودي على المرآة المقعرة او المحدبة نقول انهُ يكون دائمًا نصف قطر الكرة التي تحسب المرآة قسمًا منها ويرسم من مركز هذه الدائرة عموديًّا على النقطة التي تقع الاشعة عليها . ولزيادة التسهيل في درس المرايا يلتفت الطالب الى صورتهِ في المرآة فاذا اعوزتهُ المرآة المقعرة او المحدبة فليستعمل ملعقة من المعدن اللامع مكانها او طاسًا او نحوهُ

يسارهُ ويسارُها يمينهُ

(٢٦٠) كل صورة تظهر وراء مرآةٍ يكون بعدها عن المرآة بقدر بعد صاحب الصورة امامها

ولايضاح ذلك لنفرض ا ب (الشكل ١٤٩) سهمًا موضوعًا مقابل المرآة م ن. فالاشعة التي تقع من النقطة ا على د ذ من المرآة تنعكس وتدخل العين فيحسبها الناظر آتية من اَ لانهُ يراها في جهتها الاخيرة (عد ٢٥٧) والاشعة التي تقع من ب على دَ ذَ من المرآة تظهر انها آتية من بَ بعد انعكاسها الى العين. فتظهر صورة السهم ا ب عند اَ بَ على بعدٍ من المرآة م ن يساوي بعد السهم عنها كما يتبرهن هندسيًّا. ولذلك يكون بعد صور الاشباح خلف وجه المرآة بقدر بعد الاشباح نفسها عنها امام وجهها

الشكل ١٤٩

(٢٦١) تعدُّد صورة الشبح في مرآةٍ واحدة * قبل ايضاح ذلك نقول ان المرايا اما زجاجيَّة وهي التي تُصنع من لوح من الزجاج قد طُلي احد وجهيهِ بالقصدير والزئبق. واما معدنيَّة وهي التي تُصنع من الذهب او الفضَّة او القصدير او الفولاذ او غيرهِ[1] فالمعدنية لا يُرى فيها الاَّ صورة واضحة واما الزجاجيَّة فيُرى فيها صورتان احداهما الصورة التي يعكسها سطح الزجاج

(١) ان اصل المرايا غير معروف والمعوَّل عليهِ ان الماء كان يقوم قديمًا مقامها والظاهر ان المرايا المعدنية قديمة العهد جدًّا فقد ذُكرت في سفر الخروج

الصقيل عند وقوع اشعة الشبح عليهِ وهي الخفية والاخرى الصورة التي يعكسها طلاء القصدير والزئبق وهي الواضحة[1] . واذا نظرنا الى مرآة الزجاج بالوراب رأينا للشبح صورًا متعددة غير الصورتين المذكورتين وسبب ذلك يتضح مما يأتي

ليكن آ (الشكل ١٥٠) جسمًا منيرًا وم ن مرآة من الزجاج وعين الناظر في جهة مائلة عليها كما ترى عند ي فعند وقوع الاشعة من آ على ب من المرآة ينعكس بعضها الى ي الى عين الناظر فيرى صورة عند ا وينفذ بعضها الزجاج حتى يصل الى القصدير ت

الشكل ١٥٠

فينعكس عنهُ ويصل قسم منهُ الى ه الى عين الناظر ايضًا فيرى صورة ثانية اوضح من الاولى عند آ. واما القسم الآخر فعند وصوله الى د في انعكاسهِ عن ت يعود ايضًا الى القصدير ثم ينعكس جانب منهُ الى العين فترى صورة ثالثة . واما الجانب الآخر فيعود الى القصدير وينعكس بعضهُ عنهُ الى العين فترى صورة رابعة وهلمَّ جرًّا بزيادة عدد الصور بقدر ما ينحرف نظر الناظر الى المرآة وتكون الاولى خفية جدًّا والثانية واضحة والبواقي تتناقص وضوحًا بالتدريج

(٢٦١) صور الاشباح في الماء * ظهر مما تقدم ان الزجاج ولو كان شفافًا يعكس بعض الاشعة فيحدث صورة خفية . ومثلهُ الماء وجميع الاجسام الشفافة فتظهر فيها صور الاشباح موافقة اجزاؤُها لاجزاء اشباحها ولكنها تكون

---

(١) اذا اردنا ان نعرف سمك زجاج المرآة وضعنا عليهِ ريالًا فاذا ظهرت صورة الريال الواضحة بعيدة عنهُ حكمنا بسمك زجاجها . لان هذه الصورة تنعكس عن القصدير المطلي بهِ قفا المرآة . واذا اردنا ان نعرف سمك الزجاج بتدقيق نصَّفنا البعد بين صورة الريال الواضحة وبينهُ لان الصورة تظهر وراء القصدير بقدر بعد الريال عنهُ

مقلوبةً . فاذا وقف شخص مقابل بركة ماء بجانبها بيتٌ ورأى صورة البيت في الماء وجدها مطابقة للبيت بكون جدرانها توافق جدرانهُ الخ . ولكنهُ يراها مقلوبة اسفلهـا الى فوق واعلاها الى تحت . ويظهر ذلك ايضاً بوضع المرآة وضعاً افقيًّا واستقبال الصور بحيث تنعكس عنها الى العين * اذا وقع ضوء الشمس اوغور القمر على الماء رأينا بقعة من الماء لامعة والباقي غير لامع . وذلك لاننا لا نرى الاَّ الاشعَّة المنعكسة الى عيوننا فكل شخص يرى بقعة منيرة غير التي يراها الآخر اذا نظر الى الماء في وقت واحد من اماكن مختلفة

(٢٦٣) تعدُّد الصور في مرآتين متوازيتين او غير متوازيتين * اذا وقف شخصٌ بين مرآتين متوازيتين رأى لنفسهِ خلف كلٍّ منها صورًا متعدِّدة كلًّا منها اخفى من التي قبلها . وسبب ذلك انعكاس صورتهِ من مرآة الى مرآة كما يتضح بالتأمل * واذا وضعنا ضوءًا او جسمًا آخر بين مرآتين احداها مائلة على الاخرى قلَّ عدد الصور عما يكون في المرآتين المتوازيتين فاذا كان ميل الواحدة على الاخرى ستين درجة ظهر للشيء خمس صور

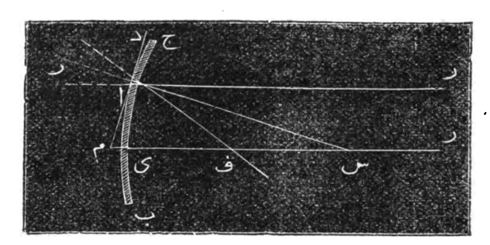
وعلى ذلك صُنع الكليدُسكوب وهو انبوبة من الورق السميك او نحوهِ يوضع فيها ثلاث مرايا كلٌّ مائلة على الاخرى على زاوية ستين درجة ويوضع بينهـا خرز وقطعٌ من الزجاج الملوَّن ونحوها وتدار الانبوبة فيظهر فيها من الاشكال الجميلة ما يبهج النفس ويدهش الناظر. وكل ذلك بتعدُّد صور الخرز

واعلم ان جميع الصوَر التي تظهر في المرايا المستوية وهميةٌ اعني انهُ لا وجود

لها ولكنّ العين تتصورها هناك . لان النور لا ينفذ قصد بر المرآة فيرسم صورةً خلفها بل يندفع عنهُ . وسيأتي عليك في المرايا المقعّرة والعدسيات ان النور يرسم صورًا حقيقيةً يمكن القاؤُها على سطح جسمٍ آخر

---

(٢٦٤) المرآة المقعّرة* المرآة المقعّرة تجمع اشعّة النور الواقعة عليها الى نقطةٍ تسمّى البؤْرة او المحترَق. فاذا وقعت الاشعّة متوازية عليها فموقع البؤْرة في منتصف البعد بين وجه المرآة المقعرة وبين مركز التقعير اي مركز الكرة المجوَّفة التي تحسب المرآة المقعرة قسمًا منها لان كل مرآة مقعَّرة مثل قسمٍ من كرة مجوَّفة . وتسمّى حينئذٍ البؤْرة الرئيسة



الشكل ١٥١

ليكن ب ي ج (الشكل ١٥١) صورة مرآة مقعّرة فالخط ي ف س ر يسمى محورها الرئيسي والخط س ا محورها الثانوي و س مركز التقعير و ف بؤْرتها الرئيسة . فاذا وقعت على هذه المرآة اشعّة متوازية كالشعاعة ز ا انعكست الى ف البؤْرة الرئيسة. لان زاوية الوقوع س ا ز تعدل زاوية الانعكاس س ا ف. وهكذا تنعكس كل شعاعة توازي الشعاعة ز ا و تقع بين س وي عند ف .

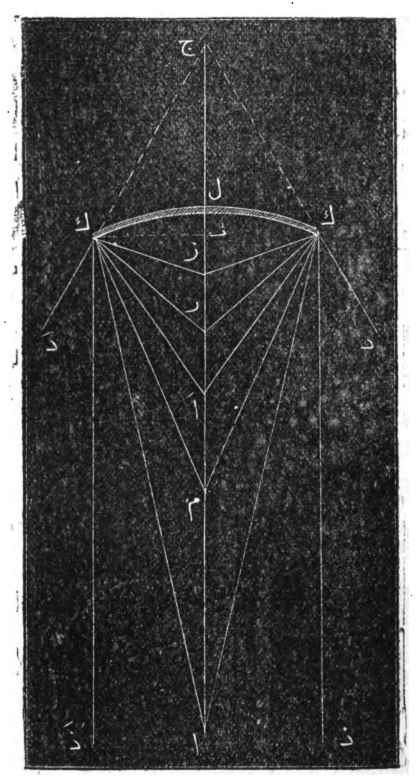
ويبرهن هندسيًّا ان بعد ف عن س مركز المرآة يساوي بعد ف عن ي سطح المرآة . ولو وضعنا ضوءًا في ف لانعكست اشعتهُ عن المرآة في خطوط متوازية مثل م ر و ا ز

فاذا صُنعت مرآة مقعرة كبيرة الحجم قليلة التقعير لكي يكون مركزها بعيدًا ووُضعت مقابل الشمس جمعت اشعَّة كثيرة الى بؤرتها الرئيسة . واذا وضعت اجسام في بؤرتها هذه فان كانت خشبًا احرقتهُ او معدنًا ذوَّبتهُ وربما صهرت بعض الصخور . رُوي ان الفيلسوف ارخميدس صنع مرآة مقعَّرة ووجَّهها نحو مراكب مَرشَلُّس وهو يحارب سرقوسه حتى وقعت بؤرتها عليها فاحرقها . وقد تجمع عدَّة منها معًا بحيث تجتمع بؤراتها في بؤرة واحدة فتصهر اقوى المعادن احتمالاً للحرارة كالبلاتين صهرًا شديدًا سريعًا

(٢٦٥) البؤرة الاضافيَّة او المنضمة * البؤرة الرئيسة هي ملتقى الاشعَّة المتوازية بعد انعكاسها عن مرآة مقعَّرة . وتكون تلك الاشعَّة متوازية اذا انت من جسم لانهاية لبعدهِ او بعيد جدًّا كالشمس . فاذا وقعت على مرآة مقعَّرة من جسم قريب أُبعد عن المرآة من المركز فلا تكون متوازية بل تلتقي في بؤرة يتغير موقعها بحسب تغيُّر موقع الشبح مقابل المرآة . وهذه البؤرة تسمى الاضافيَّة لانها تكون بالاضافة (اي بالنسبة) الى موقع الشبح . واذا كانت اقرب الى المرآة من البؤرة الرئيسة انعكست منفرجة

اذا كان موقع الجسم المنير عند ا (الشكل ١٥٢) اي ابعد من م مركز المرآة ك فبؤرة اشعتهِ هي اَ بين المركز والمرآة . واذا كان عند م اي في المركز نفسهِ فبؤرة اشعتهِ هي م ايضًا اي المركز . وان كان اقرب الى المرآة من مركزها

فبؤرة اشعتهِ وراء المركز ولا تزال بؤرة اشعتهِ تبعد عن المركز كلما قرب من المرآة حتى اذا صار في البؤرة الرئيسة ر انعكست اشعتهُ في خطوط متوازية ك ذ وك ذَ كما مرّ ولم تلتقِ في بؤرةٍ . واذا قرب الى المرآة اكثر من البؤرة الرئيسة



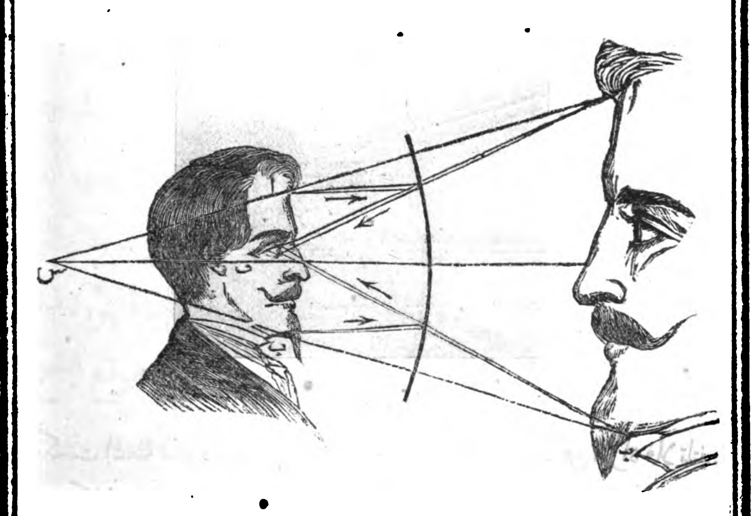
الشكل ١٥٢

انعكست اشعتهُ منفرجةً وأُبعد بعضها عن بعض كلما بعدت عن المرآة فلا تلتقي البتة . كما لو وُضع الشبح عند ز فاشعتهُ تنعكس في جهة الخطّين المنفرجَين ك د وك دَ الى ما لا نهاية لهُ

(٢٦٦) الصوَر بالمرايا المقعَّرة * علّق مرآة مقعَّرة بحائط وقف

قبالتها بينها وبين بؤرتها الرئيسة فترى صورتك مقوَّمة ومكبَّرة وراءها

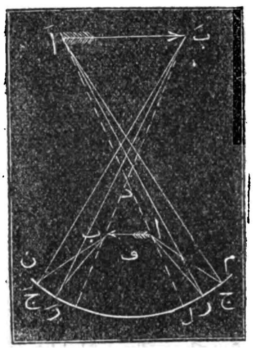
وذلك لان الاشعة التي تخرج مثلاً من جبهتك ا (الشكل ١٥٣) تقع على المرآة وتنعكس عنها منفرجة كما تقدَّم فتراها العين آتية من ا في الصورة . وكذلك ترى اشعة الذقن آتية من ب . فتكون زاوية النظر المتكوّنة عند العين اكبر من الزاوية ا س ب ولذلك تظهر صورتك مكبرة (عد ٣٤٨) . ثم ابعد عن المرآة رويدًا فلا تزال صورتك تتعاظم ولكن حدودها تزيد خفاء حتى تصل انت الى البؤرة الرئيسة فتختفي صورتك سريعًا . ومتى تجاوزت البؤرة الرئيسة وصرت بينها وبين مركز تقعير المرآة كما في السهم ا ب (الشكل ١٥٤) ترتسم صورتك مكبَّرة خلفك ومقلوبة مثل اَ بَ . الآن قليلاً من الاشعة



الشكل ١٥٣

المتوازية يدخل عينك لو وُضعت موضع السهم وبذلك ترى صورتك غير واضحة . ومتى صرت في مركز التقعير د فلا ترى الاَّ عينك لان صورتك تتكوَّن

حيث انت واقف فتنطبق عليك مقلوبةً . ومتى تجاوزت مركز التقعير وصرت مكان اَ بَ رأيت صورتك مقلوبة صغيرة عند ا ب امام المرآة

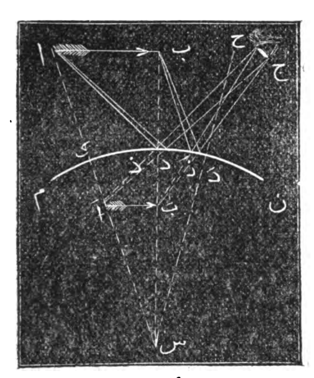


الشكل ١٥٤

اما سبب انقلابها فهو تقاطع الاشعة الآتية من الطرفين الى المرآة فينزل الاعلى بذلك الى الاسفل والاسفل الى الاعلى . واما سبب صغرها فهو صغر زاوية النظر . ويحسب مكان ا ب ومكان اَ بَ بورتين اضافيتين لان كل واحدة منهما بورة للاخرى . ويتضح كل ما تقدم من تتبع الشعاع المنعكسة عن المرآة ومراعاة نسبتها الى محور المرآة .

(٣٦٧) البورة الوهمية والحقيقية * ظهر مما تقدم ان صور الاشباح تارةً تظهر خلف المرآة المقعرة وتارةً امامها . فاذا ظهرت خلفها فذلك لان الاشعة تنعكس عنها الى العين ولا تنفذ المرآة فلا تلتقي في بورة حقيقية وراءها . الآ ان الناظر يتوهم ان الاشعة تلتقي في بورة خلف المرآة ولذلك تسمى النقطة التي يتوهم التقاء الاشعة فيها البورة الوهمية . واذا ظهرت الصور امام المرآة فذلك لان الاشعة انعكست عنها والتقت في نقطة حقيقية امامها ولذلك تسمى هذه النقطة البورة الحقيقية وتسمى الصورة التي عندها الصورة الحقيقية (عد ٣٦٣)

(٣٦٨) المرآة المحدبة * هذه عكس المقعرة فتتفرق الاشعة المنعكسة عنها فتظهر الصورة خلفها واصغر من الشبح



الشكل ١٥٥

ليكن م ن (الشكل ١٥٥) مرآة محدَّبة و ا ب شبحًا مقابلها والعين عند ح حيث تستقبل الاشعة المنعكسة عن المرآة. فالشعاعتان ا د ا ذ الواقعتان من طرف السهم على المرآة تنعكسان عنها الى العين في جهة د ج و ذ ح فتحسبان آتيتين من اَ خلف المرآة. والشعاعتان ب دَ ب ذَ الواقعتان من راس السهم على المرآة تنعكسان عنها الى العين في جهة دَ ج و ذَ ح فتحسبان آتيتين من بَ خلف المرآة. وتظهر صورة السهم ا ب مثل اَ بَ خلف المرآة واصغر منهُ.

ويتضح لك نفس ما تقدَّم من الشكل ١٥٣ اذا عكستهُ فحسبت المرآة محدَّبة والشبح الوجه الكبير والصورة الوجه الصغير. ولا تكون بؤرة المرآة المحدَّبة الَّا وهميَّة

الفصل الثالث

في انكسار النور

(٢٦٩) انكسار النور * يراد بانكسار النور انحرافهُ عن جهة مَسيرهِ اذا جاز من وسطٍ شفاف الى آخر اكثف او الطف منهُ. فان اشعَّة النور اذا نفذت الهواء ووقعت على الماء مثلاً فبعضها ينعكس الينا فنرى بهِ الماء والبعض الآخر ينفذ الماء فينكسر فيهِ اي ينحرف عن مسيرهِ وفيهِ كلامنا الآن. وهذه بعض الامثلة عليهِ زيادةً للايضاح

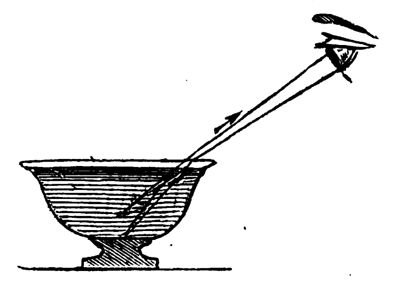


الشكل ١٥٦

(٢٧٠) امثلة انكسار النور * اذا وُضعت ملعقةٌ في كأس ماء رأيناها معوجَّة (الشكل ١٥٦) وهي لم تزل مستقيمة كما كانت . واذا نظرنا الى الجذاف في الماء رايناهُ كأنهُ قد انكسر حيث يحيط بهِ سطح الماء. والسَّمك يظهر للناظر اقرب الى سطح الماء مما هو ولذلك ترى الذين يصطادونهُ بالحراب يضربونهُ بها عموديَّة والاَّ يعمِّقوا الضربة اكثر مما يقتضي تعميقها بالظاهر. والماء يكون دائماً اعمق مما يظهر فاذا نظرت الى قعر دلو ملآنة ماء رأيت قعرها اقرب مما هو حقيقةً . واذا وضعت درهماً في

كأس وابعدت عنهُ قليلاً حتى لا تعود تراهُ ثم صببت ماء في الكاس ظهر لك الدرهم وانت في مكانك كما ترى في الشكل ١٥٧ فهذه كلها سببها انكسار اشعّة النور .

وهذا الانكسار يمكن ان يُشاهد اذا مُلئ وعاء من الزجاج ماء ثم أُغلقت كل الابواب والنوافذ ليظلم المحلّ الذي الوعاء فيهِ وأُدخلت الاشعّة من



الشكل ١٥٧

ثقبٍ الى الوعاء . فمتى نفذت الماء تظهر انها قد انحرفت عن مسيرها الى جهة أُخرى . ويُستعان لايضاح ذلك بزيادة بأن يُثار غبارٌ دقيق في الهواء فيظهر الشعاع منكسرًا انكسارًا واضحًا

ولايضاح الانكسار في الامثلة المتقدمة ليكن ل في الشكل ١٥٨ جسمًا تحت الماء كالدينار او السمك او القعر وما اشبه ولتكن عين الناظر عند د . فعندما يقع ضوء الشمس على وجه الماء ينفذهُ بعضهُ كما تقدّم ويصيب ل ثم ينعكس عن ل الى كل الجهات ومتى وصل الى ا اي الى سطح الماء لا يبقى سائرًا على استقامتهِ بل ينكسر ويسير في جهة ا د . وبما ان الناظر لا يرى الاجسام الّا في جهة الشعاعة الاخيرة (عد ٣٥٧) يرى ل على استقامة ا د اي عند لَ فيظهر ان ل قد ارتفع الى لَ . ولذلك يظهر السمك وقعور الآنية اقرب مما هي ويظهر المجذاف معوجًا لان ما يكون منهُ تحت الماء يعلو

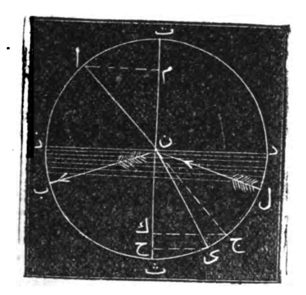
الشكل ١٥٨

بالانكسار وما فوق الماء يبقى مكانهُ فكأنهُ قد انكسر فاعوجَّ . فما مرَّ نستخلص ناموسين للانكسار

(٢٧١) ناموسا الانكسار * الاوَّل . اذا جازت شعاعة النور من وسطٍ اكثف الى وسطٍ الطف انكسرت عن الخط العمودي المرسوم على هذا الوسط عند التقاء الشعاعة بسطحهِ * والثاني اذا سارت الشعاعة من وسطٍ الطف الى وسطٍ اكثف انكسرت نحو الخط العمودي المذكور . ويتضح هذان الناموسان من تتبُّع اشعَّة النور في دخولها الزجاج وخروجها منهُ كما سترى

(٢٧٢) الانكسار الكلّي *اذا نظرنا الى بركة ماء نظرًا منحرفًا جدًّا كما لو قرَّبنا وجوهنا حتى تكاد تمسُّ الارض فلا نرى قعر البركة وجوانبها لان اشعَّة نور الشمس التي تصيب قعرها وجوانبها وتنعكس عنها لا تخرج المنعكسة كلها الى ما فوق الماء منكسرة في الهواء بل تنعكس بعضها عن وجههِ راجعةً الى القعر والجوانب بانعكاسها عن الوجه بموجب ناموس الانعكاس وهو ان زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس متساويتان . وذلك يحصل متى كانت الشعة الخارجة بينها وبين العمودي النازل من وجه الماء عند ملتقاها بهِ زاوية اعظم من ٤٨½° . ونحن لا يتيسر لنا ان نرى القعر والجوانب الاَّ بالشعاع الخارجة منها فلذلك تختفي

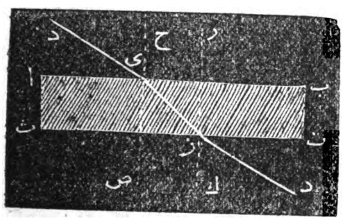
اذا قرّبنا النظر الى وجه الماء . واذا وضعنا ماء في كاس من الزجاج ونظرنا اليهِ من اسفل الكاس رأينا سطحهُ لامعًا كالفضة. وما ذلك الَّا لان الاشعة التي تنعكس عن قعر الكاس تقع على وجه الماء ثم تنعكس عنهُ وترجع الى القعر فترينا سطح الماء لامعًا



الشكل ١٥٩

ويتضح ذلك من الشكل ١٥٩ فاذا فُرض ذ ن د سطح الماء فالشعاعة ل ن مع فرض زاوية ل ن ت فوق ٤٨½° لاتنفذ الماء بعد ما تصيب سطحهُ عند ن بل تنعكس عنهُ الى ب في جهة السهم ن ب . وتسمّى زاوية ٤٨½° زاوية الانكسار الكلي لان انكسار اشعة القعر والجوانب كلهُ ضمن هذي الزاوية والشعاعة ل ن قد فُرضت خارجةً عنها

(٣٧٣) انكسار النور في الزجاج * يُقسم الزجاج باعتبار اشكالهِ وانكسار النور فيها الى قسمين ما تحيطهُ سطوحٌ مستوية وما تحيطهُ سطوح منحنية . فالاوّل لهُ اشكال شتى كالمتوازي السطوح والمضاعف السطوح والمنشور المثلَّث .والثاني لهُ ستة اشكال يقال لها عدسيَّات وسيأتي الكلام عليها

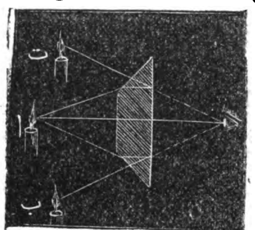


الشكل ١٦٠

اما المتوازي السطوح فهو ما تحدهُ سطوح مستوية متوازية كلوح الزجاج وينكسر النور فيهِ على ما ياتي : ليكن

ا ب ت ث (الشكل ١٦٠) لوحًا من الزجاج و ا ب و ت ث سطحين متقابلين من سطوحهِ ولنفرض ان شعاعةً وقعت من د على ي في السطح ا ب ولنرسم خطا عموديًّا ح ي ص حتى يمرّ في النقطة ي التي تقع عليها الشعاعة د ي. ففي نفوذ هذه الشعاعة للوح الزجاج تكون قد مرّت من وَسطٍ لطيف هو الهواء الى وسطٍ كثيف هو الزجاج . فتنكسر فيهِ عن استقامتها نحو الخط العمودي ح ي ص حسب الناموس الثاني (عد ٢٧١) وتذهب في جهة ي ز . ارسم خطًّا عموديًّا على ز وهو ك ز ر فعند نفوذ الشعاعة من السطح ث ت الذي هو وسط كثيف الى الهواء الذي هو وسط الطف منهُ تنكسر عن الخط العمودي حسب الناموس الاوّل * واذا وقعت الشعاعة عموديَّة على اللوح نفذتهُ ولم تنكسر لانها تسير في جهة الخط العمودي . ولذلك لا يكون انكسار في الاشعَّة التي تقع عموديَّة على الوسط

اما المضاعف السطوح فهو ما كان لهُ سطوح عديدة مائل بعضها على بعض كما ترى في الشكل ١٦١ فاذا وُضع وراءهُ مصباح ا فالاشعة التي تقع عموديةً عليهِ تنفذهُ فتراهُ العين بها مكانهُ . واما الاشعة التي تقع على سطوحهِ المائلة فتنكسر نحو العمودي فتراهُ العين في جهاتها الاخيرة . ولذلك ترى المصباح الواحد مصابيح عديدة مثل ت و ا و ب . ويزيد عدد المصابيح بزيادة السطوح كما يشاهد في بلّورة من بلّور الثريّات

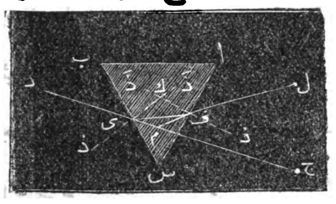


الشكل ١٦١

(٢٧٤) المنشور وسير النور فيهِ * المنشور او الموشور في البصريّات كل جسم شفاف ذي جانبين مستويين احدهما مائل على الآخر وقاعدةٍ بينهما . وهو كثير الاستعمال في البصريّات وعلم الهيئة وعلى الخصوص لانهُ يحلّ النور الى

الوانهِ التي يتركَّب منها . اما انكسار النور فيهِ فمثل انكساره في لوح الزجاج اي انهُ ينكسر في دخولهِ اليهِ وخروجهِ منهُ ولكن الانكسار يكون بهِ الى جهة واحدة في الحالين ولذلك يُرى الاجسام في غير مكانها

وايضاحًا لذلك ليكن ا س ب (الشكل ١٦٢) قطع منشور قطعًا عموديًّا عرضيًّا ول مصباحًا قد وقعت شعاعهُ على ف من الجانب ا س . وليرسم ذ ف ك عموديًّا على ف فالشعاع تنكسر نحوهُ لان هذا الوسط اكثف من الهواء ولذلك تسير في الخط ف ي



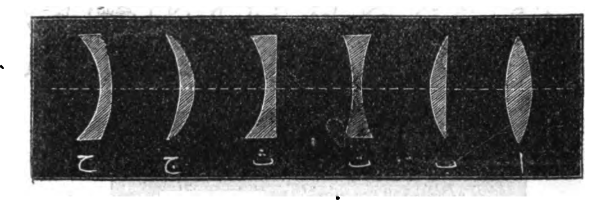
الشكل ١٦٢

لا ف م . ثم تخرج من ي الى الهواء فتنكسر عن العمودي ذ ي ك (لان الهواء الطف من الزجاج) حتى تصل الى العين عند د فترى العين المصباح في جهة الاشعة الواصلة اليها اي د ي ج . فيكون المصباح قد انخفض من ل الى ج اي ان الاشعة تنعكس بالموشور انعكاستين الى جهة واحدة فيُرى الجسم بها منحرفًا دائمًا نحو حدّهِ (وهو الخط الذي يلتقي جانباهُ فيهِ) ولذلك اذا قلبنا الموشور ا س ب حتى تصير قاعدتهُ ا ب الى الاسفل وحدُّهُ س الى الاعلى ترتفع صورة المصباح لانها تنحرف نحو الحدّ دائمًا

الشكل ١٦٣

ويُستعمَل المنشور ايضًا لعكس النور عوضًا عن المرايا وذلك اذا كان قائم الزاوية متساوي الساقين كما ترى في الشكل ١٦٣ فالمصباح ذ يقع عموديًّا على الجانب ب ت وينفذهُ حتى يصيب القاعدة ت ا عند ي مائلاً عليها فينعكس عنها الى ث فتراهُ العين من هناك

(٢٧٥) العدسيَّات * العدسيَّة في اصل الاصطلاح بلُّورة بشكل العدسة ثم توسَّعوا فيها فاطلقوها على كل جسمٍ شفَّاف لهُ سطح واحد منحنٍ على الاقل. والعدسيَّات قسمان محدَّبة ومقعَّرة وكلها تندرج تحت ستة اشكال مزدوجة التحديب ا (الشكل ١٦٤) ومفردة التحديب ب ومزدوجة التقعير ت ومفردة التقعير ث

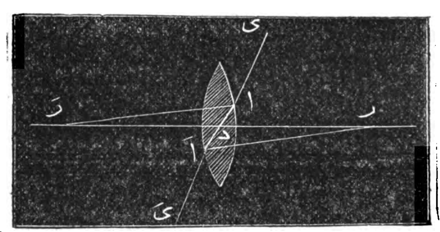


الشكل ١٦٤

وهلاليَّة ج ومقعرة محدَّبة ح . فالاولى والثانية والخامسة تضمُّ اشعة النور والبواقي تفرجها. ويُقتصر في التكلم عنها على المزدوجة التحديب والمزدوجة التقعير . لان الاولى تنوب مناب الثانية والخامسة والثالثة مناب الاثنتين الباقيتين

(٢٧٦) المحور الرئيسي * قبل الكلام عن الانكسار في العدسيَّات نقول ان سطحي العدسية المزدوجة التحديب قسمان من سطحي كرتين يتقاطعان نقطة السطح الواحد الوسطى ونقطة الآخر الوسطى هما قطبا العدسيَّة ومنتصف الخط المستقيم بين القطبين مركزها ويدلّ على سطحيها بقوسي السطح الذي يقطعها مارًّا بقطبيها ومركزها انظر الشكل ١٦٥ فان جانب العدسيَّة ا قسمٌ من سطح كرة مركزها عند رَ وجانبها اَ قسم من سطح كرة اخرى مركزها عند ر. ويسمى هذان المركزان مركز التقعير ويسمى الخط المستقيم ر رَ الموصل بينهما المحور

الرئيسي . ولا شك ان وقوع النور عليها من الهواء يجري على ناموسَي الانكسار (عد ٢٧١) وبما ان اشعتهُ بدخولها فيهـا تميل نحو خط عمودي في نقطة الوقوع وبخروجها منها عن عمودي في نقطة الخروج . فاذا وقعت الشعة ي ا عليهـا عند ا تميل او تتكسر نحو العمودي ا رَ وبخروجها عند نقطة اَ تميل عن خطٍ عمودي يُخرَج على استقامة ر اَ . وهكذا في سائر العدسيَّات . وقد حكمنا ان ا رَ عمودي على السطح ا والخط المُخرَج من ر اَ عمودي على السطح اَ لان كل نصف قطر لاي كرة كانت عمودي على تقعير سطحها او تحديبهِ وذلك لا اشكال فيهِ عند من لهُ اطلاع على الهندسة

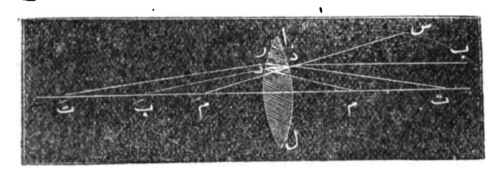


الشكل ١٦٥

(٢٧٧) الانكسار بالعدسيَّة المزدوجة التحديب * اولاً . اذا وقعت اشعَّة النور على عدسيَّة مزدوجة التحديب وكانت موازية لمحور العدسيَّة الرئيسي نفذتها وانضمَّت الى بورتها الرئيسة . وبالعكس اذا وُضع ضوءٌ في البورة الرئيسة لعدسيَّة مزدوجة التحديب فاشعتهُ تخرج منها موازية لمحورها الرئيسي

لتكن ا ل (الشكل ١٦٦) عدسية مزدوجة التحديب ولتقع الاشعة عليها موازيةً لمحورها الرئيسي ت تَ كالشعاعة ب ذ فهذه تنكسر في نفوذها لها بحيث تخرج في جهة د بَ وتلاقي المحور عند البورة الرئيسة بَ وهكذا يقال في كل

الاشعة التي تقع على العدسية ا ل موازية لمحورها ب ت . وواضح ايضاً انهُ اذا



الشكل ١٤٨

وُضع ضوء في البؤرة الرئيسة بَ فاشعتهُ كالشعاعة ب د تنكسر بالعدسية ا ل حتى تخرج منها في جهة ذ ب اعني انها تخرج موازيةً لمحورها الرئيسي

ثانياً . اذا وقعت اشعة النور على عدسية مزدوجة التحديب خارجةً من نقطةٍ ابعد من البؤرة الرئيسة عنها تنكسر بالعدسية وتخرج منها منضمةً نحو نقطة تسمى البؤرة المنضمة وهذه البؤرة تبتعد عن العدسية كلما قرب الجسم المنير من البؤرة الرئيسة

ليكن الجسم المنير عند تَ (الشكل ١٦٦) فالاشعة التي تقع منهُ على العدسية ا ل كالشعاعة تَ ر تنكسر فيها وتخرج منها في جهة ذ ت فتلاقي المحور الرئيسي في البؤرة المنضمة ت . وهكذا يقال في كل شعاعة تخرج من تَ على جانبي المحور الرئيسي ت تَ وتنفذ العدسيَّة فانها كلها تنضمُّ وتلتقي في ت

ثالثاً . اذا وقعت أشعةّ النور على عدسية مزدوجة التحديب خارجة من نقطة بين البؤرة الرئيسة وبين العدسية نفذتها منفرجةً وكوَّنت بؤرة وهميَّة على الجانب الذي يكون الجسم المنير عليهِ

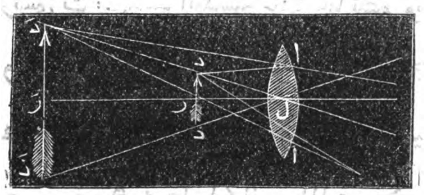
ليكن الجسم المنير عند مَ (الشكل ١٦٦) فالاشعة التي تقع منهُ على العدسية ا ل كالشعاعة مَ د تنكسر فيهِ فتنفذهُ منفرجةً كما ترى في ذ س وهكذا

يقال في جميع الاشعة الخارجة من مَ على جانبي المحور تَ . فلو أُخرجت الشعاعة ذ س من ذ راجعةً على استقامتها وكذلك بقية الاشعة التي مثلها لالتقت كلها في بؤرة وهمية وراء مَ

ويتضح كل ما تقدَّم عن الانكسار بهذه العدسية من رسم خطٍّ عمودي على ملتقى كل شعاعة وسطح العدسيَّة من مركز ذلك السطح . ثم ان كانت الشعاعة داخلةً الى العدسية كُسرت نحو الخط العمودي وان كانت خارجةً منها كُسرت عنهُ . فبتتبع الخطوط المرسومة في الشكل يظهر ما تقدَّم جليًّا . وفهمهُ ضروريٌّ لمعرفة تكوُّن الصور بالعدسية المحدبة

(٣٧٨) الصور بالعدسية المزدوجة التحديب * اذا وُضع شيء امام عدسيَّةٍ مزدوجة التحديب صوَّرت لهُ صورةً تختلف في حجمها وكيفية وضعها باختلاف وضعهِ امام العدسية كما في المرآة المقعَّرة

فاذا كان الشيء اقرب من البؤرة الرئيسة الى العدسية بقيت صورتهُ مقوَّمة وكبر حجمها لان اشعتهُ تنفرج بعد نفوذها . ليكن ا ا (الشكل ١٦٧) العدسية

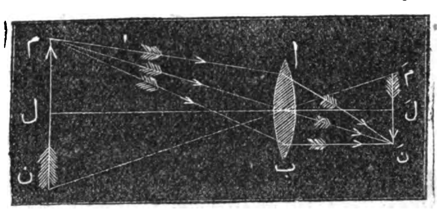


الشكل ١٦٧

ود ذ شيء امامها فالاشعة الواقعة عليها من د تنحرف بالانكسار نحو المحور الرئيسي ر ل وكذلك الاشعة الواقعة عليها من ذ . وهذه الاشعة لو أُخرجت على استقامتها بعد انكسارها لظهرت الآتية من د آتيةً من دَ والآتية من ذ آتيةً

من ذَ فتظهر صورة الشبح كبيرة مثل دَ ذَ وهي صورة وهمية لا حقيقية

واذا كان الشبح ابعد من البؤرة الرئيسة عن العدسة ظهرت صورتهُ مقلوبة وصغيرة الحجم . ليكن م ن (الشكل ١٦٨) شبحًا ابعد عن العدسة ا ب

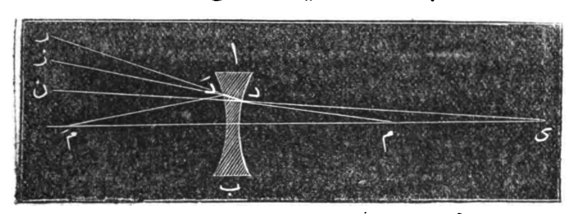


الشكل ١٦٨

من بؤرتها الرئيسة فالاشعة التي تأتي من رأسهِ م تجتمع عند نَ بعد نفوذها العدسية . والتي تأتي من ن عند مَ . واما التي تأتي من ل فتقع عند لَ ولا تنكسر لانها تقع عمودية على العدسية . ولذلك تظهر صورة الشبح م ن صغيرةً ومقلوبةً مثل مَ نَ . هذا اذا كان الشبح م ن عظيم البعد عن البؤرة الرئيسة للعدسية كما هو في الرسم ولكن اذا قُرِّب الى البؤرة الرئيسة شيئًا فشيئًا تكبر صورتهُ حتى تساويهِ مقدارًا ثم تعظم الصورة عن الشبح كما اذا وُضع الشبح مكان الصورة مَ نَ فحينئذٍ تكون الصورة مكانهُ وتزداد الصورة مقدارًا بتقريب الشبح الى ان يصل الى البؤرة الرئيسة وحينئذٍ تضمحلّ الصورة اذ تخرج الشعاع متوازية

ويتضح كل ذلك من النظر الى الكتابة من وراء عدسية محدَّبة فانهُ اذا قُرِّبت الكتابة الى العدسية حتى تصير اقرب اليها من بؤرتها الرئيسة ظهرت الحروف كبيرة ثم اذا أُبعدت عنها اختفت شيئًا فشيئًا حتى اذا صارت في البؤرة الرئيسة اختفت تمامًا لان اشعتها تخرج متوازية فلا ترسم صورةً ثم اذا صارت ابعد من البؤرة الرئيسة ظهرت ثانيةً ولكن صغيرةً مقلوبة

(٢٧٩) الانكسار بالعدسية المزدوجة التقعير * هذه تكسر النور عكس ما تكسرهُ المزدوجة التحديب فانها تفرج الاشعَّة بعد تكسيرها لانها لا تكسر الاشعَّة مرتين الى جهةٍ واحدة ولا تجمعها الى نقطةٍ واحدة كالمزدوجة التحديب بل تكسرها الى جهات شتى فتفرِّقها كما ترى في الشكل ١٦٩

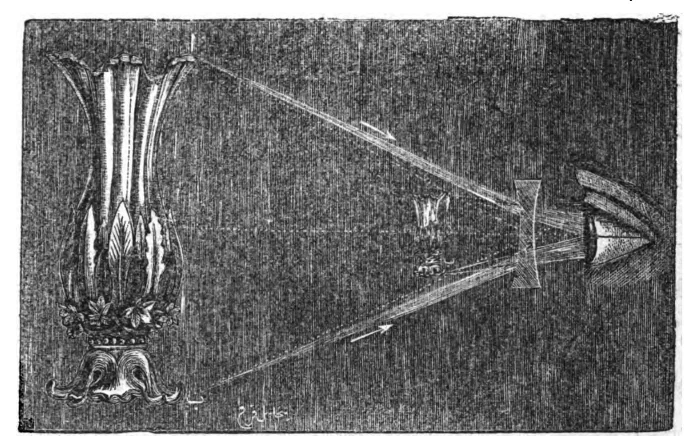


الشكل ١٦٩

فاذا وقعت الشعاعة ي د على العدسية المزدوجة التقعير ا ب انكسرت فيها وانحرفت نحو الخط العمودي م د فلا تذهب في جهة د ن بل في جهة د دَ. ومتى خرجت من العدسيَّة انكسرت عن العمودي مَ دَ فلا تذهب في جهة دَ ز بل في جهة دَ ر. فتكون نتيجة الانكسارين ان الشعاعة تزيد انفراجًا

(٢٨٠) الصور بالعدسيَّة المزدوجة التقعير * تظهر الصور بالعدسيَّة المزدوجة التقعير اصغر من اشباحها وغير مقلوبة. فاذا نظرَت العين الكأس ا ب (الشكل ١٧٠) بعدسيَّة مقعرَّة رأَتها مقوَّمة صغيرةً مثل اَ بَ . اي ان هذه العدسية تعمل بالانكسار عمل المرآة المحدَّبة بالانعكاس . اما سبب صغر الصورة عن الشبح فهو ان زاوية النظر تصغر بعد انكسار الاشعة

وانفراجها واما سبب بقائها على وضعها المقوّم فهو ان الاشعة تنفذ العدسيّة ولا تتقاطع فلا تنقلب. وكل ذلك يتضح بامعان النظر في الشكل



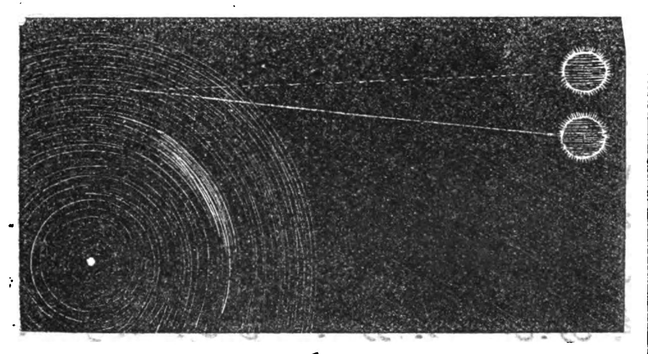
الشكل ١٧٠:

(٢٨١) منافع العدسيّات * اولاً انكسار الحرارة . فاذا وقعت اشعّة الشمس على عدسيّة محدّبة لم يجتمع نورها فقط في بؤرتها الرئيسة بل حرارتها ايضًا ولذلك اذا وضعنا خشبة او جوخًا اسود اوما اشبه من المواد القابلة الاحتراق في تلك البؤرة احترقت . واذا كانت العدسية كبيرة فربما صهرت المعادن ايضًا . وكثيرًا ما يتأتى عن العدسية ضرر بغير قصد كأن يكون في بيت زجاجة مستديرة مملوءة ماء فتقع اشعة الشمس عليها وتجتمع كما تجتمع بعد نفوذها العدسية المحدّبة فتحرق ما تجتمع عليهِ. فقد ذُكر اكثر من مرّة ان بعض الامتعة احترق من وقوع ضوء الشمس عليهِ بعد مرورهِ في نارجيلة من زجاج. وقد يحترق النبات بسبب ما يجتمع عليهِ من الندى. فان الندى يجتمع نقطًا مستديرة تضمّ ضوء الشمس كما تضمّهُ العدسية المحدّبة. فاذا اشتدّ حرّها احرقت

النبات او بيبسته

ثانيًا المنائر. ومن منافع العدسيات استعمالها في المنائر لارسال الضوء الى ابعادٍ شاسعة . وكانوا قديمًا يوقدون الحطب في المنائر ليهتدي الملاّحون . ثم استبدلوهُ بمصابيح الزيت يضعونها في البؤرة الرئيسة لمرآة مقعَّرة فتعكس نورها في شعاع متوازية الى بعدٍ عظيم. ثم زادوا ذلك تحسينًا باستعمال النور الكهربائي في بؤرة عدسية كبيرة مفردة التحديب حولها عدسيَّات من البلور مفردة التحديب ايضًا وموضوعة بحيث تكون بؤرة العدسية بؤرة كلٍّ منها فتبعث النور مسافات شاسعة وتدور فتبعثهُ الى جهات مخصوصة. وللعدسيات منافع عديدة في الآلات البصرية سيأْتي الكلام عليها في محلهِ

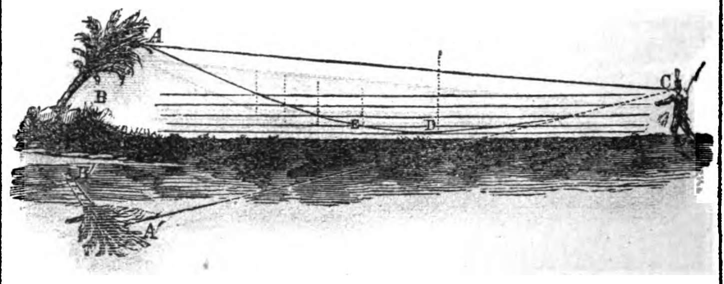
(٢٨٢) الفجر والشفق * الفجر اضاءة الجلد من الشرق قبل شروق الشمس والشفق اضاءتهُ من الغرب بعد غروبها وكلاهما حاصلٌ عن انكسار ضوء الشمس وانعكاسهِ في الهواء من طبقة الى اخرى. فلولا الهواء لاستولى الظلام



الشكل ١٧١

حال غروب الشمس ولم نعلم بقدوم الصباح الاَّ حال شروقها * ولما كان نور الشمس يتكسَّر في نفوذهِ الهواء يظهر انهُ آتٍ من مصدرٍ اعلى من مصدرهِ ولذلك نرى الشمس تشرق قبل شروقها وتغرب بعد غروبها كما يتضح من الشكل ١٧١

(٢٨٣) السَّراب * السراب ظاهرة هوائية بها يرى الانسان للاشباح صورًا مقلوبة في الارض كأنها منعكسة عن الماء وللسفن البعيدة صورًا مقلوبة في الهواء او مقوَّمة وقد يكون سبب عناء عظيم لجانب المفاوز والبقاع الحارَّة في مصر وسورية وغيرها . لانهُ اذا رآهُ عن بعد وقد اشتدَّ بهِ الظمأُ توهمهُ ماء فيطلبهُ ليروي بهِ ظمأَهُ فاذا بلغ المكان الذي رآهُ فيهِ وجدهُ قد تباعد عنهُ وبصَّ امامهُ على وجه الرمال ولذلك قال الشاعر "ولا تبغِ الشراب من السرابِ". وسببهُ(1) انكسار اشعة النور وانعكاسها عن الهواء فانهُ متى اشتدَّ الحرُّ على الرمال سخن الهواء المباشر لها اكثر مما يسخنُ الهواء الذي فوقهُ فيتلطف

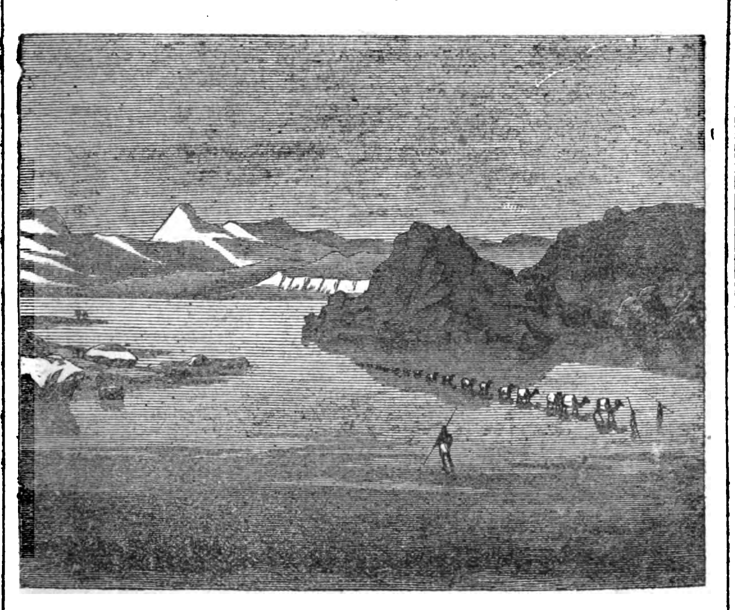


الشكل ١٧٣

ويبقى ما فوقهُ اكثف منهُ . فاذا وقف رجل (الشكل ١٧٣) ينظر الى اشجار امامهُ عند اشتداد حرّ النهار على ما ذُكر فلا يخفى انهُ يراها باشعة النور المنكسرة عنها الى عينهِ . فعند مرور هذه الاشعة A في الهواء تمرُّ في طبقات متباينة الكثافة من فوق فنازلاً فتنكسر عن العمودي وتحني شيئًا فشيئًا حتى تلاقي طبقة من طبقات الهواء D مائلة عليها ميلاً عظيمًا فلا تنفذها بل تنكسر عنها كما مرَّ في الانكسار الكلي (عد ٢٧١) . ومتى انعكست تنفذ من طبقة الى اكثف منها حتى تصل اخيرًا الى العين فيرى الناظر صورة الاشجار في جهة 'D A اي

(1) ان السراب كان معروفًا منذ زمان طويل ولكن سببهُ لم يعرف حتى بينهُ العلاَّمة منج الفرنساوي حينما اتى بلاد مصر مع بونبارت

مقلوبة كأنّها منعكسة عن الماء وقس على ما تقدّم بقية ظواهر السراب . ترى في الشكل ١٧٣ صورة سراب شُوهد في بلاد الحبش

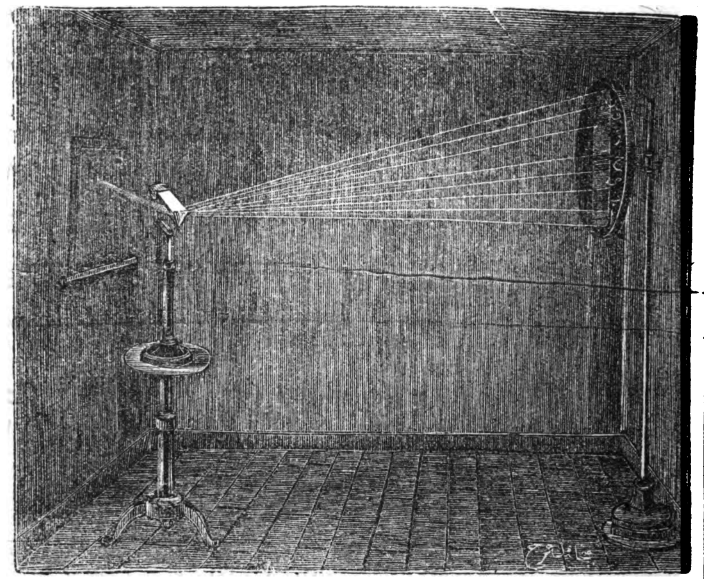


الشكل ١٧٣

الفصل الرابع

في انحلال النور

(٢٨٤) الطيفُ الشمسيُّ * لون ضوء الشمس ابيض فاذا وقع على منشور او عدسيَّة ونفذهُ فلا ينكسر فقط عن استقامتهِ كما مرَّ بل ينحلُّ ايضاً الى اضواء متعدّدة مختلفة الالوان متفرقة بعضها عن بعض . وهذا هو انحلال النور .



الشكل ١٧٤

ولبيان ذلك أدخل حبلاً من ضوء الشمس من خرقٍ في الحائط الى غرفة

مظلمة والقوهِ على منشورٍ (الشكل ١٧٤) ثم استقبلهُ بعد نفوذهِ المنشور بقرطاس او ما اشبه فتجدهُ مؤلفاً من سبعة اضواء ملوّنة بالوان قوس قزح وهي البنفسجي فالنيلي فالازرق فالاخضر فالاصفر فالبرتقالي فالاحمر بحسب ترتيبها في الطيف . فالبنفسجي ينكسر في نفوذهِ المنشور اكثر منها كلها والاحمر اقلّ منها . وقد نظمها المعلم اسعد الشدودي بحسب انكسارها في الابيات الآتية

الوان طيفِ الشمس سبعةٌ يُرى ترتيبها فيهِ كما سيذكرُ
بنفسجيٌ ثمَّ نيليٌ يلي وازرقٌ يليهِ ثمَّ الاخضرُ
واصفرٌ وبرتقاليٌ كذا وفي ختام الكل يأتي الاحمرُ .

واعلم ان كل لونٍ من هذه الالوان السبعة بسيط اي لا ينحلّ الى الوانٍ اخرى كما ينحلّ النور الابيض . ودليل ذلك انك اذا حللت نور الشمس في المنشور ثم القيت النور الاصفر من الانوار السبعة مثلاً على منشور آخر فانهُ ينكسر فيهِ ولكن لا ينحلّ بل يبقى لونهُ اصفر كما كان . ولهذا تسمّى هذه الالوان السبعة الالوان البسيطة او الاصلية[1] وقال قومٌ من الطبيعيين ان هذه الالوان للنور تحصل من اختلاف عدد الامواج لتموّج الاثير . فانهُ متى هزَّ الجسم المنير الاثير تموّج وكلما زاد عدد امواجهِ قرب لونهُ من البنفسجي وكلما قلَّ عددها قرب من الاحمر . فعدد امواج اللون الاحمر ٤٥٨ الف الف ألف ألف موجة في الثانية وعدد امواج البنفسجي ٧٢٧ الف الف الف الف موجة في الثانية على ما حسبهُ العلاّمة افرَسنل

(٢٨٥) اشعة النور والحرارة والاشعة الكيماوية في الطيف

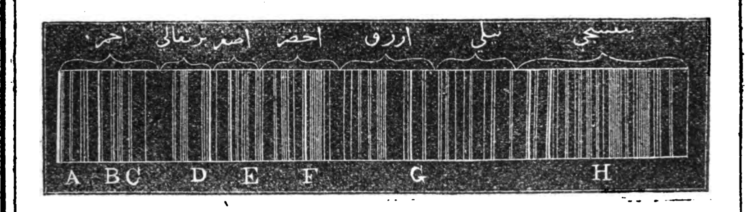
(١) قال ابروستر واتباعهُ ان ثلاثة من هذه الالوان بسيطة وهي الاحمر والاصفر والازرق والبقية مركبة منها . وانكر ذلك غيرهم ولكنهم واقفوهم على انهُ يمكن تركيب بقية الالوان من هذه الثلاثة . وقال يوحنا هرشل بلون ثامن بسيط وراء الاحمر وآخر وراء البنفسجي وقال آخرون انها عشرة . والمتفق عليهِ عند الجمهور انها سبعة كما ذكرنا

اشعة الطيف الشمسي على ثلاثة انواع اشعة نورٍ وهي التي تنحل الى الالوان السبعة كما ذُكر . واشعة حرارة وهي متوزعة بين اشعة النور واكثرها تحت الاحمر واشعة كيماوية وهي متوزعة بين اشعة النور والحرارة واكثرها فوق البنفسجي

اما اشعة النور الشمسي فمنها الضوء واشدّها ضياء الاصفر والاخضر ولذلك اذا وُضع كتاب في واحد منها بانت كتابته اوضح ما تبين في غيره . واما اشعة الحرارة فمنها الحرّ والدفء ويعرف توزعها بالترمومتر فاذا وضعنا الترمومتر في اللون البنفسجي ثم مررنا به على بقيّة الالوان رأيناهُ يرتفع من تزايد الحرارة حتى يرتفع اعظم ارتفاعهِ في فسحة مظلمة وراء الاحمر بقليل. واما الاشعة الكيماوية فهي التي تغيّر الوان الاجسام . فالثياب تنفض (تجرد) شيئًا فشيئًا اذا اصابها نور الشمس من الاشعة الكيماوية التي فيهِ وبعض الاجسام يسودّ لونها في الشمس منها ايضًا . فاذا اخذنا ورقة مبتلة بماء الفضة وامررناها على الطيف مبتدئين من الاحمر رأيناها تسودّ . وتزداد اسودادًا كلما قربت من البنفسجي حتى تبلغ اعظم اسودادها متى وصلت الى فسحةٍ مظلمة وراءهُ .وبالاجمال يقال ان ضياء الطيف في الاصفر وحرارتهُ في الاحمر وفعلهُ الكيماويّ في البنفسجي . وعلى ذلك يسرع نموّ النبات اذا جاءهُ النور من زجاج ازرق ويدفأ الانسان اذا جاءهُ من زجاج احمر ويسلم الجندي من رصاص العدوّ اذا لبس ثيابًا زرقاء او رماديّة اكثر ممّن يلبس ثيابًا صفراء او خضراء . وتصوّر الصورة بالفوتوغرافية ولو في الظلام اذا وقعت عليها الاشعة الكيماويّة . اما الانوار الصناعية فتختلف فيها نسبة هذه الانواع الثلاثة

(٣٨٦) خطوط فرونهوفر * اذا دققنا النظر في الطيف

الشمسي رأينا انهُ غير متصل اتصالاً تامًّا بل تقطعهُ خطوط كثيرة سوداء عمودية عليهِ تسمى خطوط فرَونهوفر وهو اوَّل من درسها ووصفها ورسمها وسمى اشهرها بالثمانية الاحرف الأُول من حروف الهجاء الرومانية

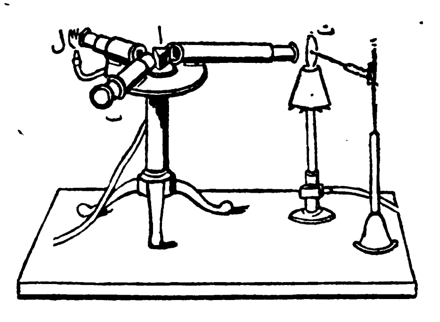


الشكل ١٧٥

ترى في الشكل ١٧٥ رسم الطيف الشمسي . فالخطوط البيضاء خطوط فرونهوفر والفسحات السوداء الوان الطيف . وقد تحققوا ان هذه الخطوط تحدث من اشتعال الاجسام . فاذا اشعلنا جسمًا ونظرنا الى الطيف الذي يحدث من اشتعالهِ وجدناهُ يوافق خطًّا منها كما يُعرف بالسپكترسكوب

(٢٨٧) السپكترسكوب * السپكترسكوب هو المنظَر الذي تُنظر بهِ خطوط فرونهوفر في الطيف وهو على اشكالٍ عديدة منها الشكل ١٧٦ ترى فيهِ ثلاثة مِنظارت مركّبة معًا على قاعدة بحيث تلتقي محوراتها في منشورٍ بينها ا فيوضع الجسم المشتعل عند ت امام مِنظرٍ لهُ شق في فمهِ يوسَّع ويضيَّق حسبما يرام . فيدخل شعاع الجسم المشتعل من هذا الشق الى المِنظر ثم يخرج منهُ ويقع على المنشور فينفذهُ وينحلُّ الى الطيف كما تقدَّم . فيضع الناظر عينهُ على المِنظر ب ويرى الطيف امامهُ وخطوط فرونهوفر مكبَّرة فيهِ فيقيس البعد بينهما بواسطة المنظر الثالث ل. وذلك لان في هذا المنظر مقياسًا مقسَّمًا اقسامًا عديدة

ومصوَّرًا على الزجاج . فاذا وُضع مصباح امامهُ وقعت صورة المقياس على



الشكل ١٧٦

المنشور وانعكست عنهُ الى عين الناظر فيقيس بها البعد بين خطوط فرونهوفر ويعيّن اماكنها

وعلى ذلك وجدوا انهُ اذا وُضع في لهيب ت قليل من معدن الصوديوم ظهر في طيفهِ خطٌّ اصفر لامع يوافق الخط D من خطوط فرونهوفر في الطيف الشمسي . واذا وُضع فيهِ قليل من معدن البوتاسيوم ظهر خطٌّ احمر يوافق A من الطيف الشمسي وخط آخر في البنفسجي بقرب H . فمن مقابلة طيوف الاجسام المشتعلة الارضية بخطوط فرونهوفر وغير ذلك تحققوا ان في الشمس معادن وغازات كثيرة كالحديد والنحاس والزنك والكلسيوم والصوديوم والمغنيسيوم والهيدروجين والاكسجين والنيتروجين وغيرها . وعرفوا مواد نجوم عديدة . وللسبكترسكوب اعتبار عظيم عند علماء الهيئة والكيمياء واستعمالهُ كثير عندهم

(٢٨٨) تركيب الالوان السبعة * لما كان النور الابيض ينحلُّ الى الوان الطيف السبعة فهو مركَّب منها ولذلك اذا ركبناها معًا تكوَّن منها نورٌ ابيض

وقد بيّن ذلك الفيلسوف المحقق نيوتن بأنه مزج معًا سبعة مساحيق ملوّنة بالوان الطيف الشمسي فوجد ان لون المزيج اشهب اي ابيض مائل الى السواد . ودهن قرصًا مستديرًا بالوان الطيف وجعل فسحة كلٍّ منها مناسبة لفسحات البقية وادار القرص سريعًا فرأى لونه ابيض . ومما يستبين منه ذلك انه اذا أُلقي الطيف على مرآة مقعّرة او عدسية محدّبة بحيث تنضمّ الوانه الى بؤرتها ظهر هناك نوره ابيض

(٢٨٩) الالوان المتمّمة * اذا نزعنا لونًا من الوان الطيف فمزيج الستة الباقية يسمى متمّ ذلك اللون وبالعكس لان اللون الابيض يتمّ من مزجها معًا . واذا نزعنا لونين فمزيجها متمّ مزيج الباقي من الوان الطيف . وكذلك اذا نزعنا ثلاثة وهلمّ جرًّا . ثم ان الطبيعيين بامتحانات عديدة لمزج الوان الطيف عرفوا ان الابيض يتحصّل ايضًا بمزج بعض الوان الطيف فقط وليس بضروري ان تجتمع كلها لتحصيل اللون الابيض . فاذا مُزج الازرق بالاصفر مثلًا ينتج ايضًا مزيج ابيض فيحسب الازرق متمّ الاصفر . وكذلك اذا مُزج الاحمر والاخضر والبنفسجي ينتج ايضًا الابيض . فأحد هذه الالوان الثلاثة متمّ للاثنين الباقيين . وبما انه من اختلاف مزج هذه الالوان الثلاثة يتحصّل ايّ لون كان سميت الالوان الاساسية . ويجب على المصورين وجامعي الازهار ان يختبروا الالوان المتمّة للابيض لان مجاورتها بعضها لبعض هي

الاجل للنظر

لكن يجب ان يميَّز بين الالوان الطيفيَّة والوان الصباغات فمزيج صباغ الاصفر وصباغ الازرق ينتج عنهُ اخضر وليس ابيض كما اذا مُزج ازرق واصفر الطيف . وسبب ذلك انهُ في مزج الصباغات نحصل على الحذف لا الاضافة . لانهُ في المزج يكاد صباغ الازرق يمتصّ كل نور الاصفر والاحمر وصباغ الاصفر يمتصّ نور الازرق والبنفسجي حتى يبقى الاخضر فقط

(٢٩٠) لون المرئيات * ليس للمرئيات لون في ذاتها بل لونها من النور الذي ينعكس عنها فانها تحلّ النور الذي يقع عليها ثم تعكس اللون الذي تظهر بهِ وتمتصّ البقية ولذلك اذا انقطع النور عنها لم يبقَ لها لون . فكلما اشتدَّ حلك الظلام خفيت الوان الاجسام ولم يعد الناظر يميّز الفرق بين الاصفر ولا الاخضر ولا غيرها

فكل جسم يكتسب لونهُ من الجزء الذي ينعكس عنهُ فاذا كان ذلك الجسم يعكس الوان الطيف السبعة كان لونهُ ابيض واذا كان يمتص ستة الوان ويعكس الازرق الى العين كان لونهُ ازرق . اذًا الصوف الاسود يمتصّ كل الالوان فالسواد ليس لونًا بل عدم اللون . والاجسام الملوّنة بالوان مركبة من الالوان البسيطة تعكس اكثر من لون واحد فالخضراء تعكس الاصفر والازرق . فاذا كان اخضرارها مائلاً الى الصفرة عكست الاصفر اكثر من الازرق واذا

كان مائلاً الى الزرقة فالازرق اكثر

واعلم ان الاجسام الشفافة تحلّ النور بنفوذهِ فيها وتتلوّن باللون الذي ينفذها اسهل مما سواهُ . فالهواء يتلوّن بالزرقة لان الوان الطيف الشمسي لاتنفذهُ كلها بالسواء بل الازرق ينفذهُ اسهل من غيرهِ[1] . (اولان دقائق الهواء تعكس الازرق وتمتصّ غيرهُ)

(٢٩١) تعارض النور * خذ عدسية مفردة التحديب وضعها على سطحٍ مستوٍ من الزجاج كما ترى في الشكل ١٧٨ بحيث يمسهُ محدَّبها . واحسب نقطة المماسة مركزًا وتوهم دوائر مرسومة حولهُ فيكون بعد العدسية عن السطح المستوي متساويًا في كل دائرة من الدوائر سواءٌ كان من اليمين او من اليسار او من بقية الجهات . وكلما بعدت الدائرة عن المركز زاد البعد بين العدسية والسطح المستوي . ثم ادخل شعاعًا من النور الاحمر حتى يقع على سطح الزجاج فترى في المركز نقطةً سوداء وحولها دائرة حمراء . وحول الدائرة الحمراء حلقة سوداء حولها دائرة اخرى حمراء . وحول هذه حلقة ثانية سوداء حولها دائرة ثالثة حمراء وهكذا الى النهاية وتسمى هذه الدوائر حلقات نيوتن . ثم قس البعد بين السطح

(١) كل الاجسام مهما كان لونها تعكس اللون الابيض عن سطوحها الظاهرة اذا وقع عليها النور الابيض . واما الوانها الخاصة فتحصل من نفوذ النور بين دقائقها الى عمقٍ ما ثم انعكاس تلك الالوان من ذاك العمق

المستوي ومحدّب العدسيّة عند كل دائرة من الدوائر الحمراء فتجد انهُ اذا كان البعد بينهم عند الدائرة الاولى ١ يكون عند الثانية ٢ وعند الثالثة ٣ وهلمّ جرّا

الشكل ١٧٨

ويتضح سبب ذلك اذا فُرض ان النور يحدث من تموّج دقائق الاثير. لانهُ متى وقع النور الاحمر على سطح الزجاج كما تقدّم ينعكس بعض الاشعة عنهُ وبعضها عن محدّب العدسيّة. وقد فرضنا ان هذه الاشعة امواج الاثير فان كان البعد بين السطح المستوي ومحدّب العدسيّة اقلّ من طول موجة من الاثير تعارض الامواج المنعكسة عن احدها الامواج المنعكسة عن الآخر (عد ١٥٤) فتطفئ بعضها بعضاً وتحدث ظلاماً. وهكذا ايضاً ان كان البعد بين السطح المستوي ومحدّب العدسيّة اكثر من طول الموجة او الموجتين الخ بكسرٍ فتحدث من هذه المعارضة الحلقات السوداء المذكورة آنفاً. واما ان كان البعد بينهما طول موجة او موجتين او ثلاث او عدد آخر صحيح فتلاقي الامواج المنعكسة عن السطحين بعضها بعضاً وتجتمع فتحدث نوراً اشدّ من نور الموجة الواحدة. ومن هذا النور الدوائر الحمراء. ولما كان بعد السطح المستوي عن محدّب العدسية عند الدائرة الاولى الحمراء يساوي طول موجة من امواج النور الاحمر فاذا قسنا هذا البعد بالتدقيق عرفنا منهُ طول موجة من النور الاحمر

واذا ادخلنا عوضاً عن الاحمر نوراً اصفر او اخضر او غيرهما من الانوار البسيطة الالوان حدثت دوائر صفراء او خضراء عوضاً عن الدوائر الحمراء المارّ ذكرها ولكنها تكون متفاوتة الاقطار بعضها كبير وبعضها صغير. وقد وجدوا ان الدوائر الحمراء اكبر الجميع والدوائر البنفسجية اضيقها. ولذلك تكون الامواج الحمراء اطول الجميع والبنفسجية اقصرها وامواج ما بينهما متوسطة بينهما

في الطول حسب ترتيبها . ويُعرف طول موجة كلٍّ منها بقياس البعد بين السطح المستوي ومحدَّب العدسية عند الدائرة الاولى الملوَّنة كما في موجة اللون الاحمر

(٣٩٢) طول امواج النور * ان قصر امواج النور غريب فقد حسبوا ان نحو اربعين الف موجة من الاحمر لا يزيد طولها عن قيراط وكذلك نحو ستين الف موجة من البنفسجي . ثم ان سرعة النور في الثانية ١٩٢٠٠٠ ميل نضربها في ٥٢٨٠×١٢ فتصير قراريط . ثم نضربها في نحو ٤٠٠٠٠ فيكون الحاصل عدد امواج اللون الاحمر التي تدخل العين في الثانية وهو ٤٥٨ الف الف الف الف موجة . وعلى ما تقدَّم نستعلم عدد امواج اللون البنفسجي التي تدخل العين في الثانية وهو ٧٢٧ الف الف الف الف موجة كما سبق فسبحان من بقدرتهِ وواسع علمهِ يحدُّ جميع الاشياء من اصغرها الى اعظمها

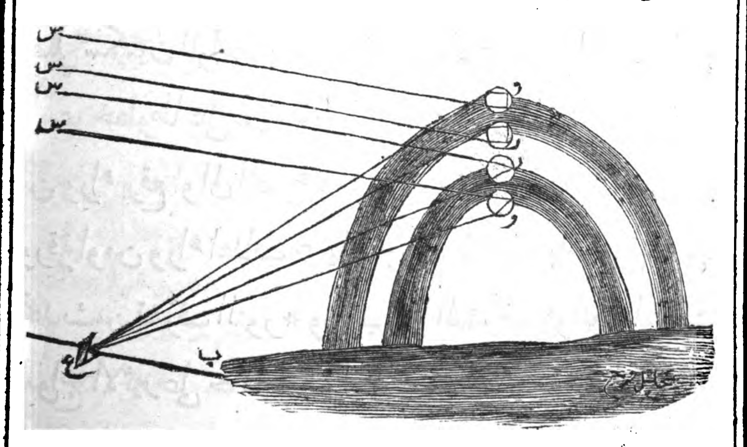
(٣٩٣) الوان عنق الحمام * هو تعدُّد الالوان وتغيُّرها بتغيُّر موقع الناظر كما ترى في عرق اللؤلوء وغيرهِ من الصدف البرَّاق . وسببهُ ان هذا الصَّدف مؤلف من صفائح رقيقة جدًّا متراكب بعضها على بعض بحيث تقصُر قليلًا حافة ما فوق عن حافة ما تحتهُ فيحصل من ذلك بين حافاتها خطوط عديدة متقاربة جدًّا . وعند وقوع النور عليها تتعارض اشعتهُ بين هذه الخطوط فتنحل وتبدو الوانها الباهية وبينها الفسحات السوداء كما تقدَّم في تعارض النور . وتظهر هذهِ الالوان على كل ما كان مخطَّطًا من السطوح خطوطًا كثيرة متقاربة كعرق

اللؤلوء . وقد حسبوا انهُ اذا خُطَّ على سطحٍ الفا خطٍ في فسحة كل قيراط مربع منهُ بدت عليهِ الالوان المذكورة ولذلك يخططون طابعًا من الفولاذ من الفين الى عشرة آلاف خط في القيراط ثم يطبعون بهِ الحلى كالازرّة الذهبية ونحوها فتظهر ملوّنة بهذه الالوان ولذلك ايضًا يظهر ريش الطاووس وعنق الحمام واجنحة الذباب ونحوها ملوّنة بها . ولوضوحها في عنق الحمام سميت بالاضافة اليهِ . ومثل عرق اللؤلوء كل ما كان ذا صفائح رقيقة جدًّا لايزيد سمكها عن جزءٍ من مليون من القيراط كصفائح الهواء الرقيقة التي بين شقوق الزجاج والحديد وكالزَّبد الذي يطفو على وجه الماء الراكد والزيت على وجه الماء والكحول على الزجاج وفقاقيع الصابون . فان الوانها الباهية تحدث من غشاءٍ رقيق من الماء يغلف بعض الهواء فمتى اصابتهُ اشعة النور تعارضت وابدت الوانًا مضيئة بينها فسحات مظلمة واضحة

(٣٩٤) تشرُّف النور * اذا وضعت ابرةً تجاه عينك ثم تطلعت الى السماء من شباك رأيت امامك عدَّة ابرٍ . واذا وضعت نصلَي سكينين الواحد بلصق الآخر ونظرت من خلالهما الى الجوّ رأيت خطوطًا على غاية الجمال في ما بينهما . واذا نظرت الى الجوّ من وراء برقع او الى الضوء من وراء ريشة او من شقٍّ ضيّق في ورقةٍ او من وراء اهداب عينيك رأيت لهُ الوانًا باهية . فهذه كلها تحدث من تشرُّف النور * وسبب هذا التشرُّف هو انهُ اذا وقعت امواج الاثير على حافة الابرة او النصل او غيرها هزَّت دقائق الاثير التي بجانبها فتعارض اهتزازات الاثير الواحد اهتزازات الاثير الآخر . فيحدث من تعارضها ما يشبه الشرفات او الطرر

الملوّنة على الاجسام . ومن ذلك الاصطلاح على تسمية هذا التعارض بتشرُّف النور

(٢٩٥) قوس قُزَح * قوس قزَح منطقةٌ مستديرة ملوّنة بالوان الطيف الشمسيّ من الاحمر الى البنفسجي تنتصب في السماء مقابل الشمس عند وقوع المطر . وسببها انكسار ضوء الشمس الابيض وانعكاسهُ عن نقط المطر فينحلّ الى الوانهِ السبعة . وكثيرًا ما يُرى قوسان معًا احداها واضحة وهي الداخليّة وتسمى القوس الاصلية والاخرى اخفى منها وهي الخارجية وتسمى القوس الفرعية وتخالف الاصلية في موقع الوانها فالاحمر في الاصلية فوق البقيّة وفي الفرعيّة تحتها



الشكل ١٧٩

(٢٩٦) القوس الاصلية * تحدث القوس الاصلية من انعكاس النور عن

داخل نقطة المطر انعكاسةً واحدة فقط. فاذا فُرضت الشمس في جهة س سَ سً سُ (الشكل ٣٧٩) فعند ما تصيب شعاعتها سً راس نقطة المطر ر ينعكس بعضها عنهُ وينفذ البعض الآخر فيها. وهذا النافذ ينكسر الى جهة العموديّ ويبقى سائرًا نحو اسفل النقطة حتى ينعكس عن جانبها المقابل ثم يخرج منها وينكسر الى ما فوق اسفلها. فبانكسارهِ هذا يحلّ فتبدو الوانهُ متفرقة كما تبدو الوان الطيف الشمسي. ثم لنفرض ان عين الناظر ع موضوعة بحيث تلاقي الشعاعة الحمراء من نقطةٍ فلا ترى الاّ اللون الاحمر من الوان تلك النقطة لان البقية تكون اعلى منهُ اذ هي اكثر منهُ انكسارًا (عد ٢٨٤). واما اللون البنفسجي فتراهُ العين في نقطةٍ اسفل منها و. واما بقية الالوان فتراها في نقطٍ بين تينك النقطتين

(٢٩٧) القوس الفرعيّة * تحدث القوس الفرعيّة من انعكاس الاشعة عن داخل نقط المطر انعكاستين كما ترى في رَ ووَ في الشكل المتقدّم. وذلك بأن تقع الاشعة على اسفل النقطة فتنفذ فيها منكسرةً الى الاعلى حتى تلاقي سطحها المقابل فتنعكس عنهُ الى فوق ثم تنعكس مرةً ثانيةً عن اعلاهُ وترجع فتخرج من النقطة وتنكسر الى الاسفل حتى تلاقي عين الناظر ع. وعلى ما تقدّم ترى العين اللون البنفسجي في النقطة وَ واللون الاحمر في النقطة رَ وبقية الالوان في ما بينهما من النقط * ويتضح مما تقدّم سبب ظهور البنفسجي فوق الاحمر في القوس الفرعية بخلاف ما في القوس الاصلية. لانهُ في القوس الفرعية تنكسر الاشعة الى الاسفل بعد خروجها من النقط فالبنفسجي لما كان اكثر الالوان انكسارًا فشعاعتهُ لا تلاقي العين ما لم تأتِ من نقطةٍ اعلى من نقط بقية الالوان فيظهر فوق بقية الالوان (١)

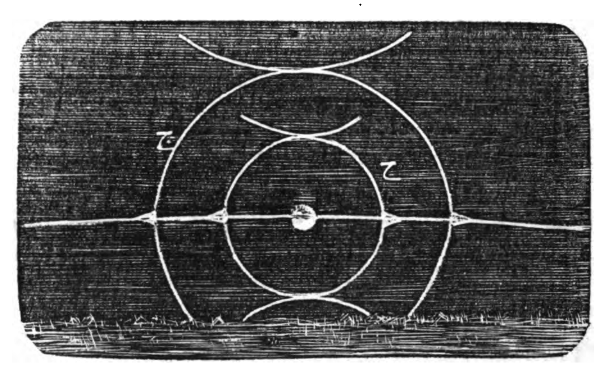
---

(١) قد تظهر قوس ثالثة في جهة الشمس من الناظر. وقد تظهر اقواس خفية داخل القوس الاصلية اضربنا عن ذكرها وتبيين اسبابها لعدم احتمال هذا المختصر لذلك

(٢٩٨) سبب استدارة قوس قزح * يظهر بالحساب ان الاشعة الحمراء متى نفذت نقط المطر في القوس الاصلية تجعل مع اشعة الشمس زاوية ٤٢° تقريباً اي انهُ لو أُخرجت الشعاعة سَ ر على استقامتها وأُخرجت الشعاعة الآتية من ر الى ع على استقامتها حتى تلتقيا لكانت الزاوية التي تتكوّن من ملتقاها نحو ٤٢° ويظهر ان الزاوية التي تجعلها الشعاعة البنفسجية مع شعاعة من الشمس نحو ٤٠° وهاتان الزاويتان لا تتغيران البتة . فلو رسمنا خطاً ا ب من عين الناظر الى الشمس واخرجناهُ من الطرف ب على استقامتهِ لمرّ في مركز الدائرة التي تُحسب قوس قزح قوساً منها . ولذلك يُسمى محور القوسين . وهو موازٍ لاشعة الشمس دائماً فاذا كانت الشمس في الافق كانت اشعتها ومحور القوسين موازية للافق فيكون مركز قوس قزح في الافق وتكون القوس نصف دائرة . ولنفرض انَّا ادرنا الشعاعة ع و حول محور القوسين ب ع بحيث تبقى الزاوية وع ب على حالها غير متغيرة فالنقطة و ترسم في الجوّ دائرة . وكل نقطة تقع في هذه الدائرة من نقط المطر تكون واقعة على الزاوية المطلوبة لوصول الاشعة البنفسجية منها الى العين ولا تصل هذه الاشعة الى العين من نقط ليست في تلك الدائرة . وكذلك اذا ادرنا الشعاعة رع حول ب ع رسمت النقطة ر في الجوّ دائرة تصل منها الاشعة الحمراء الى العين وقس بقية الالوان على ما تقدَّم . فلنا من ذلك اولاً . ان قوس قزح يلزم ان تكون مستديرة وهو ما اردنا بيانهُ . وثانياً انهُ كلما ارتفعت الشمس في السماء انخفضت القوس نحو الافق وصغر الظاهر منها . وبالعكس كلما هبطت الشمس . وثالثاً انهُ قد يمكن ان ترى قوس قزح دائرة تامَّة عن رؤوس الجبال الشامخة

(٢٩٩) الهالة * الهالة دارة القمر وتطلق هنا على دارة الشمس ايضاً وهي حلقة مستديرة حافتها الداخلية محمرَّة اللون وخارجها مبيضَّة وقطرها من الوسط نحو ٢٢° . وهي لا تظهر الاَّ اذا كان حول الشمس او القمر غيوم رقيقة لبنيَّة اللون يظنُّ انها مؤلفة من بلورات جليدية عائمة في الجوّ متعددة الاشكال

ابسطها شكل منشور مقطوع الزوايا بحيث يصير ذا خمسة اضلاع . وسببها انكسار النور في هذه المناشير. ترى في الشكل ١٨٠ صورة هالة ح نصف قطرها ٢٢° من الوسط وأُخرى ج نصف قطرها ٤٦° ويمرّ فيهما دائرة تسمى دائرة الشمس الكاذبة ويتكوّن من التقائهما بتلك الدائرة نقط بيض مشرقة تسمى الشموس الكاذبة . واذا كانت الهالة حول القمر سميت الدائرة دائرة القمر الكاذبة والنقط الاقمار الكاذبة . والمعتاد ان هذه تظهر في الاعراض العليا

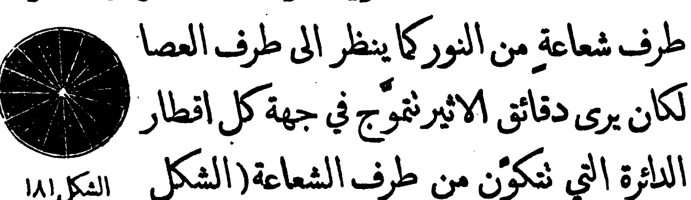


الشكل ١٨٠

الفصل الخامس

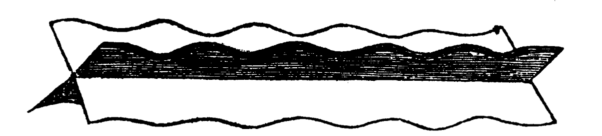
في استقطاب النور

(٢٠٠) استقطاب النور * لو امكن للناظر ان ينظر الى طرف شعاعةٍ من النور كما ينظر الى طرف العصا لكان يرى دقائق الاثير تتموَّج في جهة كل اقطار الدائرة التي تتكوَّن من طرف الشعاعة (الشكل ١٨١) معارضةً في جهة تموُّجها لجهة الشعاعة في سيرها



الشكل ١٨١

فاذا حللنا جهة كل قطر من تلك الاقطار الى جهتين احداهما عموديةٌ على الاخرى كما مرَّ معنا في حلّ القوات (عد ٧٨) كان الخارج من حلها كلها جهتين احداهما عمودية على الاخرى

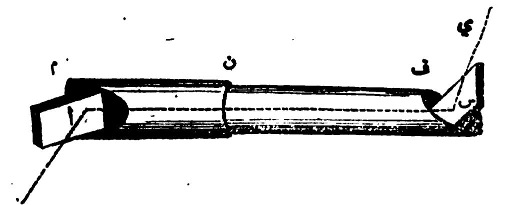


الشكل ١٨٢

كما نرى في الشكل ١٨٢ . فاذا امتُصَّت امواج جهة من هاتين الجهتين امتصاصاً كليًّا او جزئيًّا وبقي نور امواج الجهة الاخرى

على حالهِ بطريقة من الطرق سُمي هذا النور النور المُستقطَب . وللاستقطاب طرقٌ شتى كما سترى

(٣٠١) الاستقطاب بالانعكاس* ادخل انبوبةً ف ن (الشكل ١٨٣) بحيث تدور في انبوبة أُخرى م ن وركّب على فوهتيها قطعتين من الزجاج

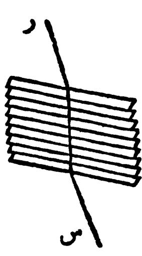


الشكل ١٨٣

الملوّن ا وس بمفصلات حتى تمال كلٌّ منها على محور الانبوبتين بقدر ما يراد . فاذا أملنا كلاً منها حتى يصير ما بينها وبين محور الانبوبتين ٣٣ درجة ثم وضعنا مصباحًا تجاه ا بحيث ان الاشعة الواقعة منهُ عليها تميل عليها ٥٧ درجة فهذه الاشعة تنعكس عن ا وتقع على س مارّةً في الانبوبة م ن ف وحينئذٍ اذا كان سطح وقوع الاشعة على س وهو ا س ي مطابقًا لسطح وقوعها على ا وهو ر ا س انعكست عن س مشرقةً كثافتها كحبل من النور الاعتيادي . ثم اذا أُديرت ن ف اخذت كثافة الاشعة في التناقص حتى اذا صار سطح وقوع الاشعة على س عموديًا على سطح وقوعها على ا كما ترى في الشكل بلغ التناقص غايتهُ وقلّ اشراق الاشعّة او تلاشى . واذا أُديرت ن ف ايضًا تزايد الاشراق حتى يبلغ غايتهُ عند دوران س نصف دائرة وتناقص حتى يبلغ غايتهُ عند رجوعها الى ما كانت عليهِ اولاً . وتسمى هذه الآلة البولارسكوب ويسمى ا المستقطِب وس المحلِّل والنور المنعكس عن ا نورًا مستقطبًا

ويتضح تعليل هذا الاستقطاب كما يأتي : لنفرض ان دقائق الاثير في الشعاعة

الواقعة على المستقطب ا تتموّج في دائرة افقية وفي دائرة سمتيّة عموديّة عليها (عد ٣٠٠) فاذا كان سطح الوقوع على ا افقيًّا ابطل التموجات الافقية من الشعاعة واطفأَ نورها واما التموجات السمتية فتبقى على حالها . ثم اذا كان سطح الوقوع على المحلّل س مطابقًا لسطح الوقوع على ا لم يقلّل كثافة الشعاعة لانهُ لا يطفئ الاّ ما اطفأهُ ا قبلهُ . واما اذا ادير س حتى صار سطح الوقوع عليهِ عموديًّا على سطح الوقوع على ا فيبطل التموجات السمتية ايضًا من الشعاعة ويطفئ ما بقي من نورها . هذا اذا كان ا وس مستقطبين تامّين والاّ يطفئا بعض نور الشعاعة ويتركا بعضهُ على ما هو . وكذا يقال في تعليل باقي ما تقدَّم* هذا ولا بدّ للنور ان يستقطب كليًّا او جزئيًّا بعد انعكاسهِ . ويكون استقطابهُ بعد انعكاسهِ عن الزجاج على أتمّهِ اذا كانت زاوية ميلهِ عليهِ °٥٧ ولا يستقطب الاّ قليلاً بعد انعكاسهِ عن المعادن

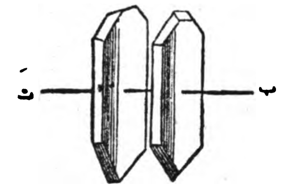


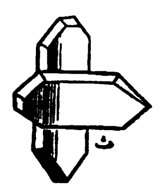
الشكل ١٨٣

(٣٠٢) الاستقطاب بالانكسار* اذا نُضد ٣٠ لوحًا من الزجاج نَضَدًا واحدًا (الشكل ١٨٣) ونزلت عليهِ الاشعة من ر فلا تنفذهُ الى س الاّ وقد استقطبت كما يستقطب النور المنعكس . غير ان اماكن الكثافة في نورها تكون بعكس ما تكون في النور المنعكس فحيثما كانت الكثافة في هذا على اقلها كانت في ذاك على اعظمها . وتعليلهُ : ان كل سطح من سطوح هذا النضد يعكس بعض النور حتى تُبطل اخيرًا من الشعاعة المنعكسة كل الامواج التي تتموّج في سطح الوقوع وتبقى كل الامواج التي تتموّج في سطح عمودي على سطح الوقوع بعكس الشعاعة التي تنفذ النضد فان هذه تبطل امواجها التي تتموّج في سطحٍ عمودي على سطح الوقوع وتبقى المتموجة في سطح الوقوع. فيكون استقطابها في سطح عمودي على استقطاب الشعاعة المنعكسة

(٣٠٣) الاستقطاب بالامتصاص* ضع بلّورة من التُرْمَلين ب (الشكل ١٨٤) على موازاة اخرى ت بحيث يوافق محور احداهما محور الاخرى فالشعاعة

التي تقع على احداها تمتصُّ امواجها العمودية على محور البلورة وتنفذ امواجها
الموازية للمحور منها ومن البلورة الاخرى. فيستقطب النور بالواحدة كما يستقطب





الشكل ١٨٤

بالثنتين . ثم ضع احداها عمودية على الاخرى كما ترى عند ث فالامواج التي
تنفذ الواحدة تمتصها الاخرى فتطفأ الشعاعة . ولذلك تصلح هاتان البلوراتان
لاستقطاب النور ولتحليلهِ فيُعرف اذا كان مستقطبًا او غير مستقطب

(٣٠٤) الاستقطاب بالانكسار المزدوج *

اذا مرَّت شعاعة نورٍ من بلورةٍ من بلورات
الحجر الأيسلندي ولم تكن موازية لمحورها ا ب
(الشكل ١٨٥) انفلقت فيها الى اثنتين
احداها خاضعة لنواميس الانكسار وتسمى

الشكل ١٨٥

الاعتيادية والاخرى غير خاضعة لبعضها وتسمى غير الاعتيادية . ولذلك اذا
نظرنا شيئًا بهذه البلورةِ رأيناهُ مزدوجًا ما لم يكن في جهة توازي محورها . واذا
وضعناها على نقطةٍ ثم ادرناها شيئًا فشيئًا رأينا النقطة نقطتين احداها تدور
حول الاخرى . واذا وضعناها على
ارقامٍ رأيناها مزدوجة كما ترى
في الشكل ١٨٦. فهذا هو الانكسار
المزدوج ثم ان كلاًّ من الشعاعتين
الاعتيادية وغير الاعتيادية
مستقطبة لان امواجها تتموَّج في

الشكل ١٨٦

جهة واحدة فقط الآن امواج الواحدة عمودية على امواج الاخرى . هذا وينكسر النور انكسارًا مزدوجًا في كثير من الاجسام الشفافة ويمكن ان يُصنع الزجاج بالاحماء والضغط حتى يكسر النور كذلك . وللاستقطاب اشكال شتى عدلنا عن ذكرها لضيق المقام

(٣٠٥) منشور نِكُل * هو آلة مصنوعة من الحجر الايسلندي بها ينكسر النور انكسارًا مزدوجًا فيقطع الشعاعة الاعتيادية عن النظر ويظهر غير الاعتيادية . ولذلك نرى بهِ الصورة غير الاعتيادية فقط من الصورتين اللتين يظهر الشبح بهما

(٣٠٦) منافع النور المستقطبُ * اعظم مانع يمنعنا من رؤْية الاشباح التي تحت سطح الماء انعكاس الاشعة عنهُ الى عيوننا . فاذا استُعمل منشور نكل في نظارة مائية فقد يقطع القسم المستقطب من النور المنعكس عن الماء ويؤْذن برؤْية ما تحتهُ من الاشباح الى عمقٍ عظيم . وبذلك يحسن الصيادون ايضًا طعن الاسماك بالحراب . ومن منافعهِ ان المصورين الذين يبتغون رؤْية الصور والنقوش قد يمنعهم لمعانها من ذلك فاذا نظروها بمنشور نِكُل رأَوها واضحة . ومنافعهُ عظيمة في الابحاث الميكرسكوبية وفي الكيمياء وعلم الهيئة والجوّ واكثر العلوم الطبيعية . قيل ان الكيميين يكشفون بهِ جزءًا من ثلاثة عشر الف الف جزءٍ من كرامٍ من الصودا اذا وُجدت في جسمٍ آخر ويميزونها عن البوتاسا وغيرها من القلويات . والفلكيون يعرفون بهِ ان السيارات تضيء بنور الشمس والثوابت بنورها . والفسيولوجيون وغيرهم يفحصون بهِ البلورات التي في جسد الانسان وغيرهِ من الكائنات الحية فيعرفون مادّتها من نورها المستقطب . فبلورات سكر العنب مثلاً تحرف سطح الاستقطاب الى اليمين وبلورات سكر الاثمار تحرفهُ الى اليسار وعلى ذلك تستعمل دولة فرنسا آلة مستقطبة لمعرفة نوع السكر الوارد الى بلادها . وقس على ما ذُكر فوائد عديدة لم تُذكر

الفصل السادس

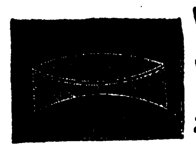
في الخطاء الكروي والخطاء اللوني

(٣٠٧) الخطاء الكروي * ان العدسيات لا تؤدي الى العين صورة جليّة لسببين الاول الخطاء الكروي والثاني الخطاء اللوني فالخطاء الكروي هو كون العدسية لا تجمع كل الاشعة الى بؤرة واحدة لان الاشعة التي تقع على حافاتها تنكسر اكثر من التي تقع على وسطها . ولذلك تتجمع في بؤرة اقرب اليها من البؤرة التي تتجمع فيها الاشعة المنكسرة في الوسط. فلا تظهر صورة المرئي واضحة في كل اقسامها . ويُصلح هذا الخطاء بأن يوضع على حافاتها جسم ظليل لا ينفذهُ النور ويُترك وسطها مكشوفًا حتى تنفذها الاشعة المركزية فقط . ولما كان هذا الخطاء يحصل من زيادة انكسار النور على حافات العدسية وقلتهِ في وسطها يمكن التخلّص منهُ ايضًا بجعل وسط العدسية كثير التحدّب وتقليل هذا التحدّب شيئًا فشيئًا من الوسط الى الحافات فيتساوى مقدار انكسار الاشعة في كل قسمٍ من العدسية

(٣٠٨) الخطاء اللوني * هو كون العدسية تري المرئي ملوّنًا

من حواشيهِ بالوان قوس قُزَح فتقلّل وضوحهُ وتتعب الباصرة . وسببهُ تفاوت الوان النور في الانكسار فالاشعّة البنفسجية اكثر الاشعة انكسارًا ولذلك تتجمع في بؤرة قريبة من العدسيّة واما البواقي فتتجمع في بؤراتٍ ابعد منها عنها بحسب قلّة انكسارها . فتبدو الالوان كما تبدو بالمنشور ولذلك يحصل الخطاء اللونيّ ولو أُصلح الخطاء الكرويّ . ويُصلح الخطاء اللوني بوضع عدسية اخرى مع الاولى اضعف منها على تكسير النور ولكن اقوى منها على تفريق الوانهِ . فتفرّق الالوان خلاف ما تفرّقها العدسية وبذلك تردّها الى لونها الابيض وتبقى الاشعة منكسرةً بعض الانكسار لتكبير الاشباح او لتقريبها كما سيأتي

ضع عدسية مزدوجة التحديب من الزجاج الإكليلي في عدسية مزدوجة التقعير من الزجاج الصواني. فالزجاج الصواني اقوى على تفريق الوان الطيف من الاكليلي ولذلك متى نفذت اشعة النور العدسية المزدوجة التحديب وانحلّت الوانها مفترقًا بعضها عن بعض بسببُ الخطاء اللوني تفرّقها العدسيّة المزدوجة التقعير ايضًا ولكن بخلاف تفريق المزدوجة التحديب لها فتجمع كل الوانها الى بقعةٍ واحدة وتردّ نورها ابيض . واما كيفية وضع العدسية المزدوجة التحديب في المزدوجة التقعير لاصلاح الخطاء اللوني فتظهر في الشكل ١٨٧ وتسمى عدسيةٌ كهذه عدسيةً أكرومتك اي عديمة اللون



الشكل ١٨٧

الفصل السابع

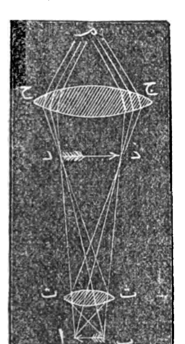
في الآلات البصرية

(٣٠٩) الآلات البصرية * هي كل اداة تستعين بها العين على النظر سواءٌ تألّفت من عدسيّات او مناشير او مرايا او عدسيّات ومناشير ومرايا معاً . وهي لكثيرين من الناس بمنزلة حاسّة سادسة من الحواس بها يكبّرون اصغر الاشياء ويقرّبون ابعدها ويكشفون اخفاها الى غير ذلك مما لم يكن يتيسّر للبشر التمتع بهِ لولاها . ولذلك كانت كبيرة الفائدة عظيمة الاعتبار . وقد تفنّنوا بها تفنناً غريباً حتى كثرت اشكالها جدّاً . وكلها تندرج تحت ثلاثة اقسام وهي ميكرسكوب او مِنظار الصغائر بهِ تكبَّر المرئيّات التي لصغرها لا تراها العين . وتلسكوب او منظار البعيدات بهِ ترى العين الاشباح البعيدة سماوية كانت او ارضية . وآلات شتى لالقاء صور الاشباح مكبَّرة او مصغَّرة على حجاب او نحوهِ تسهيلاً لتصويرها او كشف دقائقها او لتسلية الناظرين اليها كالخزانة النيّرة والمظلمة والفانوس السحري ونحو ذلك . وعلى

هذه الاقسام الثلاثة مدار الكلام في هذا الفصل

واعلم ان القسمين الاوّلين قلما تخلو آلة منها من عدسيتين على الاقل الواحدة يقع النور عليها من الشيءِ وتسمى بلورة الشيء والاخرى تنظر بها العين الصورة التي ترسمها بلورة الشيء وتسمَّى بلورة العين. الَّا انهُ قد يعاض عن بلورة الشيء بمرآة وقد يستغنى عن العدسيتين بواحدةٍ كما سترى في النظارة العاكسة والميكرسكوب البسيط ان شاء الله

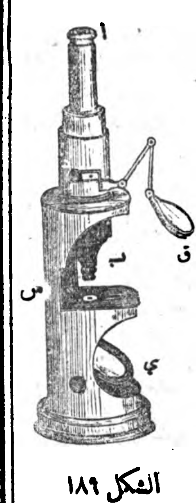
(٢١٠) الميكرسكوب * الميكرسكوب اما بسيط وهو ما كان لهُ عدسيةٌ واحدة مزدوجة التحديب واما مركَّب وهو ما تركَّب من عدسيتين على الاقل.



الشكل ١٨٨

اما البسيط فتوضع عدسيتهُ غالبًا في حلقة من المعدن او من قرن الحيوان او العاج. واكثر من يستعملهُ الشيوخ والنقَّاشون والمصوِّرون وغيرهم ممن لا يقتضي لهم ان يبالغوا في التدقيق . واما المركَّب فأخصُّ اجزائهِ عدسيتان محدَّبتان احداهما ث ث (الشكل ١٨٨) وهي بلورة الشيء والأخرى ج ح وهي بلورة العين . فاذا أُريد النظر بهِ الى شيءٍ صغيرٍ كالشيء ا ب جُعل بعدهُ عن بلورة الشيء اعظم قليلاً من بُعد بؤْرتها الاصلية عنها بحيث تكبر صورتهُ وتنقلب مثل د ذ وتوضع بلورة العين بحيث تقع الصورة د ذ اقرب اليها من بؤْرتها الرئيسة فتكبر عمّا هي عليهِ (عد ٢٧٨) وتراها العين من م مكبَّرة

ترى صورة الميكرسكوب المركَّب في الشكل ١٨٩ فان ا ب انبوبة فيها



الشكل ١٨٩

بلورة الشيح وبلورة العين وس عمود مرتكزة عليهِ ود لولب تُرفع وتخفض بهِ لاجل احكام البؤرة . وي مرآة تعكس الضوء الى الشيح الذي تحت بلورة الشيح ليظهر جليًّا اذا كان شفّافًا اذ ينفذهُ النور حينئذٍ فلا يبان جليًّا . وق عدسية محدَّبة تجمع الاشعة على الشيح فتنيرهُ بدلاً من المرآة اذا كان ظليلاً

فاذا كبَّر الميكرسكوب قطر الشيح مئة مرَّة او مئتين الخ . قيل ان قوَّتهُ مئة قطر او مئتان الخ . والشيح الذي يكبر قطرهُ مئة مرَّة يكبر سطحهُ ١٠٠^٢ اي ١٠٠٠٠ مرَّة . ويصلح الخطاء الكروي من الميكرسكوب المركب بجعل بلورة الشيح منهُ صغيرة جدًّا

(٢١١) اختراع الميكرسكوب ومنافعهُ * انهُ لم يخترع الى غرَّة القرن السابع عشر ومخترعهُ مجهول وربما لم يكن لهُ مخترع واحد بل بلغ ما هو عليهِ الآن تدريجًا . واما منافعهُ فعديدة : بهِ اكتشف علماء النبات النسيج الخلوي في النبات ودوران العصار فيهِ ووظيفة اوراقهِ . وبهِ اكتشف علماء الحيوان اكتشافات جمَّة منها ان في القطرة من الماء الراكد الوف الوف من الحيوانات المتعددة الاصناف والانواع وان العفن مؤلف من نبات النطر كما تتألف الغابة من القصب . ولهُ اعتبار عظيم عند الذين يتعاطون با لاقمشة فانهم يميزون بهِ نسيجها ويعرفون صحيحهُ من فاسدهِ وخالصهُ من مغشوشهِ . ويسمى ما لا يرى الاَّ بالميكرسكوب ميكرسكوبيًّا

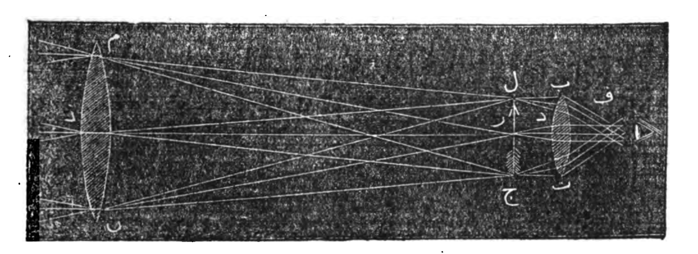
---

(٢١٢) التلسكوب * هي نوعان كاسرة وعاكسة والفرق

بينهما ان الكاسرة يكون للشبح فيها بلورة محدَّبة والعاكسة يكون لهُ فيها مرآة مقعَّرة

والظاهر ان التلسكوب كُشفت اتفاقًا ككثير من المكتشفات العظيمة . يُروى ان اولاد رجل فلمنكي كانوا ينظرون بعدسيات الى برج كنيسة امامهم فاتفق ان ولدًا منهم وضع عدسيَّة محدَّبة في مقعَّرة ونظر بها الى عَلَم الريح على البرج فرآهُ كبيرًا وقريبًا منهُ . فاخبر والدهُ مندهشًا فاعاد والدهُ ذلك مرارًا ثم وضع عدسيتين في انبوبين يتزل احدهما في الآخر فصنع التلسكوب . ثم قام غَلِليو الفلكيُّ الشهير واستعمل التلسكوب في رصد الاجرام السماوية فشاع استعمالها في رصد النجوم

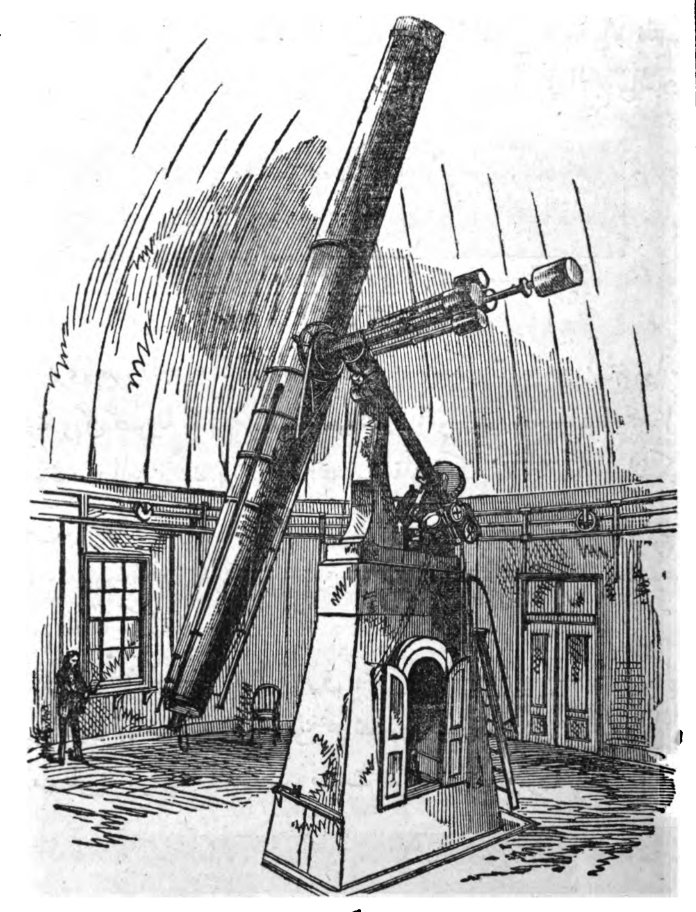
(٣١٣) التلسكوب الكاسرة الفلكيَّة * هذه ابسط انواع النظارة الكاسرة اخصّ اجزائها بلورة الشبح م ن (الشكل ١٩٠) وبلورة العين ب ت . فالاولى ترسم صورة الجرم السماوي مقلوبة وصغيرة مثل ل ج . والثانية تكبّر الصورة بقدر ما يراد وتتألف من اكثر من بلورة واحدة في النظارات القوية



الشكل ١٩٠

كلما زاد قطر الدائرة لحرف بلورة الشبح زاد النور على صورتهِ وامكن ان يزاد تكبيرها . وتكبيرها يزداد كلما قلَّ تحدُّب بلورة الشبح وزاد تحدُّب بلورة العين . ويتوقف وضوح الصورة على خلوص البلورة من الخطاء الكرويّ

واللونيّ وعلى اتقان نحتها وصقلها وكونها متساوية الكثافة في كل اجزائها .
ولذلك تزداد صعوبة اتقان البلورة بزيادة كبرها . ترى في الشكل ١٩١

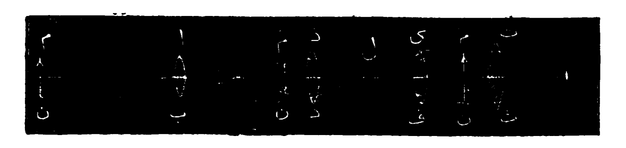


الشكل ١٩١

صورة النظارة الكاسرة في وشنطون قطر بلورة الشيح فيها ٣٢ قيراطًا

(٣١٤) التلسكوب الكاسرة الارضية * لا فرق بين التلسكوب الفلكية
والارضية في المبدإ ولكنهم لا يبالون في الفلكية بكون الصورة مقلوبة او مقوَّمة اذ

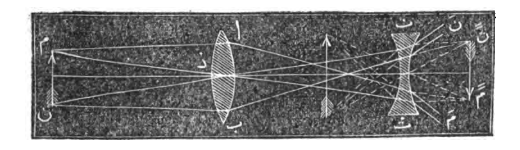
الكواكب كرات والكرات لا يُستغرَب منظر صورها مقلوبةً كانت او مقوَّمة. فلذلك يقتصرون فيها على بلورة الشبح وبلورة العين فرارًا من كثرة التركيب وصعوبة الاتقان. واما في الارضية فيقتضي ان تكون الاشباح مقوَّمة والاَّ تلتبس روْيتها على الناظر ولذلك يزاد فيها بلورات اخرى بين بلورتي الشبح والعين



الشكل ١٩٣

ترى صورة اجزاء التلسكوب الارضية في الشكل ١٩٣ م ن الشبح وا ب بلورتهُ ومَ نَ صورتهُ مقلوبة وذ د بلورة العين الاولى وهي تجمع الاشعة عند ل. ولو وُضعت العين عند ل لبانت الصورة مقلوبة كما في التلسكوب الفلكية. ولكن بلورة العين الثانية ي ف تردّ هذه الصورة المقلوبة مقوَّمة مثل مَ نَ. وت ث بلورة العين الثالثة تجمع اشعة هذه الصورة المقوَّمة في بوْرة حيث توضع العين فتراها مكبَّرة

(٣١٥) تلسكوب غلليو * لا فرق بينها وبين التلسكوب الفلكية الاَّ بكون بلورة العين فيها عدسية مقعرة. ويتضح تفصيلها من الشكل ١٩٤ م ن الشبح وا ب بلورتهُ مزدوجة التحديب وت ث بلورة العين مزدوجة التقعير. فلو



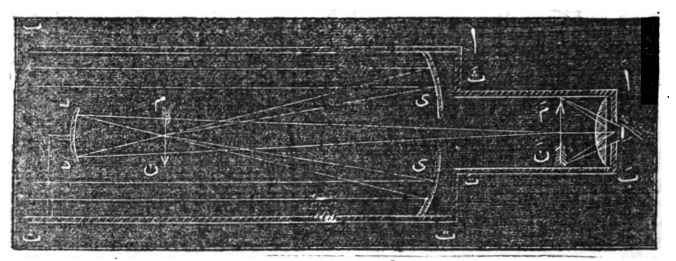
الشكل ١٩٤

كانت بلورة الشبح وحدها لرُسمت صورتهُ مقلوبة في بوْرتها كما ترى عند مَ نَ الشكل ١٩٣ واما هنا فقبل ان تصل اشعتهُ الى بوْرتها تقع على البلورة المزدوجة

التقعير فتنفرج بها كما ترى عند مَ نَ فتراها العين مقوّمة مكبّرة كالسهم بين البلورة المحدبة والبلورة المقعرة في الشكل

ولهذه النظارة مزيّة بصغرها فيسهل حملها وبكونها لا تمتصّ من النور الّا قليلاً لقلة عدسياتها . ولكنها لا تكشف من ساحة النظر الّا بقعةً صغيرةً لانّ الاشعة النافذة بلورة العين تنفرج كثيرًا فلا يدخل العين منها الّا الوسطى . ولذلك كان اكثر استعمالها في روية الاشباح الارضية ولاسيما في المراسح

(٣١٦) التلسكوب العاكسة * التلسكوب العاكسة اقدم عهدًا من الكاسرة واكثر منها انواعًا واشهر انواعها اربعة تلسكوب كريكري وتلسكوب نيوتن وتلسكوب هرشل وتلسكوب كسكرين



الشكل ١٩٤

ترى تفصيل تلسكوب كريكري في الشكل ١٩٤ : ى ى مرآة الشبح مقعّرة ومثقوبة من وسطها فبعد وقوع الاشعة من النجم عليها تنعكس وترسم له صورةً مقلوبةً م ن عند بورتها الرئيسة . وبعد ان تتقاطع عند هذه الصورة تقع على المرآة د د . وبورة هذه المرآة اقرب اليها من الصورة م ن ولذلك تنعكس الاشعة عنها وترسم مَ نَ صورةً مقلوبةً بالنسبة الى م ن ومقومة بالنسبة الى الشبح وابعد من مركز تقعير المرآة د د (عد ٢٦٦) وذلك بعد ما تمرّ من ثقب المرآة ى ى . فتكبّر العين هذه الصورة بواسطة البلورة آ بَ

والشائع الآن في الاستعمال نظارة نيوتن . وفيها تكون مرآة الشبح غير مثقوبة فتنعكس الاشعة عنها الى مرآةٍ أُخرى صغيرة موضوعة مائلة مقابلها

بحيث تعكس الاشعة الى انبوبة في جنب انبوبة مرآة الشبح . وفي هذه الانبوبة بلورة العين مؤلفة من عدة بلورات فتكبر بها العين الصورة * هذا وكانوا قديمًا يصنعون المرايا من المعدن ولصعوبة تقعيرها على ما يراد كادوا يهملون استعمالها حتى اكتشف العلامة فوكول طريقة بسيطة لتفضيض الزجاج مع بقاء سطحهِ صقيلاً فتسهَّل اصطناع المرايا من الزجاج وتفضيضها وشاع استعمالها . واكبر نظارة عاكسة نظارة اللورد رُص قطر مرآتها ست اقدام وبعد البؤرة عن المرآة فيها ٥٤ قدمًا ووزن المرآة نحو ١٦ قنطارًا

(٢١٧) فائدة التلسكوب * كلما بعدت المرئيات عن العين قلَّ وضوحها لان نورها يقلُّ بزيادة مربع بعدها فبلورة الشبح او المرآة المقعرة لاتساع سطحها تجمع من النور اكثر كثيرًا مما يجمعهُ بؤبؤُ العين . وبلورة العين تكبّر صورة الشبح التي ترسمها بلورة الشبح او المرآة المقعَّرة فتنظر العين الاشباح البعيدة بها كانها قريبة منها

(٢١٨) دخول النور من ثقب * اذا دخل ضوء الشمس من ثقبٍ صغيرٍ في حائط غرفةٍ مظلمة صنع للشمس صورة مقلوبة مستديرة على الحائط المقابل مهما كان شكل ذلك الثقب

اما سبب انقلاب الصورة فهو تقاطع الاشعة في الثقب . واما سبب استدارتها فهو لانهُ ان كان الثقب مستديرًا فالصورة تكون بالضرورة مستديرة وان كان غير مستدير فهو بمنزلة ثقوبٍ مستديرة عديدة جدًا مجتمعة معًا في ذلك الشكل . فكل ثقبٍ منها يصنع صورة مستديرة ومن اختلاط هذه الصور العديدة بعضها ببعض تحصل صورة واحدة مستديرة تحدُّها خطوط

الشكل ١٩٥

مخنية لا نجص كما ترى في الشكل ١٩٥ . وعلى ذلك تقع صور الشمس مستديرة على الأرض بمرور شعاعها من خلال اوراق الاشجار

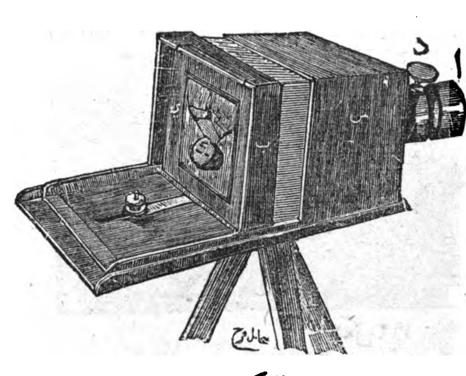
غير أن الصورة لا تكون مستديرة الّا اذا كان الثقب صغيرًا والحاجز الذي تصنع الصورة عليهِ موازيًا لهُ وبعيدًا عنهُ. فان لم يكن موازيًا لهُ ظهرت الصورة اهليلجية وان كان قريبًا منهُ ظهرت على شكل الثقب وكذلك ان كان الثقب كبيرًا

(٣١٩) الخزانة المظلمة* اذا ثقبنا جدار خزانة مظلمة ثقبًا صغيرًا فكل شيء ينعكس النور عنهُ ويدخل من ذلك الثقب تظهر صورتهُ مقلوبة على الجدار المقابل وملونة بكل الوانهِ مهما كان شكل الثقب. واذا وُضِعت عدسية مزدوجة التحديب في الثقب ووُضع حاجز ابيض في بؤرتها زادت الصورة جلاءً عليهِ حتى انها اذا قُوِّمت استُغني بالنظر اليها عن النظر الى اشباحها وامكن الانسان ان يرسمها على الحاجز ولو جهل الرسم والتصوير

الشكل ١٩٦

ونقوّم هذه الصورة كما ياتي : توضع المرآة المستوية ا ب (الشكل ١٩٦) تجاه الاشباح فتعكس صورها على العدسية د ذ وهذه تلقيها مقوَّمة امام من يريد رسمها

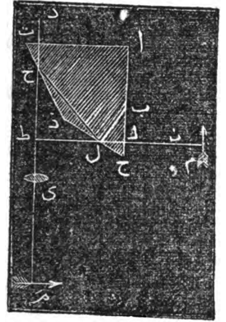
(٣٢٠) الفوتوغرافيا* الفوتوغرافيا التصوير



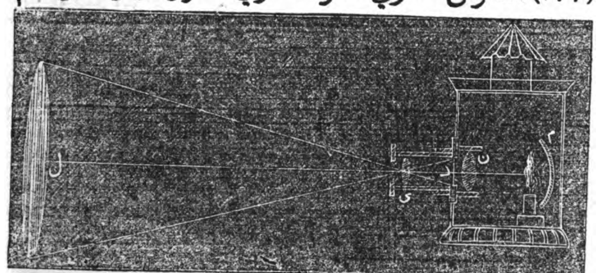
الشكل ١٩٧

بالنور ويكون ذلك بواسطة الخزانة المظلمة على ما يأتي : يقف الشخص مقابل العدسية المزدوجة التحديب ا (الشكل ١٩٧) فتقع صورتهُ مقلوبةً على لوح من الزجاج ى في برواز ب يوضع جدارًا للخزانة المظلمة س . ويدير المصوِّر لولبًا لتقع بؤرة العدسية على لوح الزجاج وتجلي الصورة ثم يبدل اللوح بلوحٍ آخر مغشّى بمزيج كيماويّ تؤَثّر فيهِ الاشعة الكيماوية من ضوء الشمس. فتتصوَّر صورة الشخص عليهِ وتسمّى صورتهُ هذه السلبية ثم تنقل عنهُ الى الورق فتقوَّم وتسمّى الايجابية

(٢٢١) الخزانة النيرة* هذه ايضًا تُستعمَل لرسم الصور الطبيعية. اجزاؤُها الجوهرية منشور ذو اربعة اجناب زواياهُ مصنوعة على شكل ان الشعاع الافقية ن ل (الشكل ١٩٨) متى وقعت من الشيء م على السطح ج ذ تنعكس عنهُ من ل الى ح في السطح ذ ت ثم من ح الى السطح ا ت فتنفذهُ كما ترى عند د. فتوضع العين عند د فترى صورتهُ عند مَ. واذا وُضع هذا المنشور بحيث تنفذهُ الاشعة وتقع على العين وهي عند الزاوية ت رأَت العين الصورة والحاجز الملقاة عليهِ فترسمها عليهِ


الشكل ١٩٨

(٢٢٢) الفانوس السحريّ* هو آلةٌ تري الصور المرسومة على جسم شفّاف


الشكل ١٩٩

مكبَّرةً . وهو مؤَلَّف من علبةٍ فيها مرآة مقعرة صقيلة م (الشكل ١٩٩) تعكس

شعاع النور الذي قدامها على العدسة ن. وهذه تكثفه على الصورة د التي توضع مقلوبةً قدامها مرسومةً على لوح من الزجاج. فتكبّر العدسة ى صورة هذه الصورة وتلقيها على الحاجز في بؤرتها المنضمة فتظهر واضحة مكبّرة

اخترع الفانوس السحري يسوعيّ اسمهُ كِرْشَر منذ نحو مئتي سنة وقد تفننوا كثيرًا فيهِ فمنهُ نوع تتحرّك فيهِ العدسة ى فتقترب تارةً الى اللوح المصوَّر د فتكبّر صورتهُ ل وتبعد عنهُ أُخرى فتصغّرها. فاذا كان المصوَّر عليهِ هيكلاً من العظام وكبرت صورتهُ وصغرت بما تقدم وبتقريب الفانوس وتبعيدهِ عن الستار المبسوط امامهُ خال الناظر ان الهيكل يقترب منهُ ويبتعد عنهُ كأنّهُ حيّ وهذا ما يسمّونهُ بالفَنْتَسْمَغُورِيا اي مجمع الاخيلة * وقد يستعملون فانوسين سحريين معًا ويضعون فيهما صورتين لشيء واحد في حالين من احوالهِ كصورة بركان يقذف الدخان من فوهتهِ نهارًا وصورتهِ يقذف النار والحمم ليلاً فيظهرون صورتهُ الأُولى ثم يغلقون عليها ويظهرون صورتهُ الثانية. فيخال الناظر انهُ يرى البركان على اختلاف مناظرهِ ليلاً ونهارًا. وعلى ما تقدم يظهرون القمر طالعًا بعد غروب الشمس والبحر هائجًا بعد السكون والجو مضطربًا بعد الصحو. وهذه الآلة تسمّى

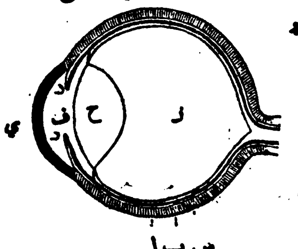
البُلُيُوراما اي المتعدّدة

المناظر

الفصل الثامن

في العين والبصر

(٣٢٣) العين * العين آلة النفس لابصار المرئيات . وهي اكمل الآلات البصرية اتقاناً لانهُ قلما يعتريها الخطاءُ الكرويُّ او اللونيُّ ولانها تحكم نفسها بنفسها لتبصر المرئيات جلياً. وتستقطب النور اذا مرّت عليهِ* وهي موضوعة في تجويف من العظم يسمّى الوقب ومؤلفة من ثلاث طبقات وثلاث رطوبات. فالطبقات اوّلها الصلبة ا



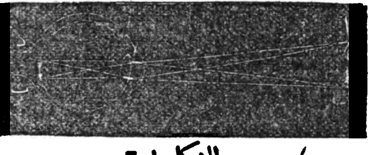
الشكل ٣٠٠

(الشكل ٣٠٠) وهي غشاء ابيض متين ظليل يحيط بباقي الطبقات . الّا ان في مقدَّمهِ قطعةً شفافةً ى كزجاجة الساعة في شكلها ونازلة فيهِ كما تنزل زجاجة الساعة في حلقتها. وهذه القطعة تسمّى القرنية. وثانيها المشيمية ب وهي ناعمة كالمخمل سوداء اللون فتمتصّ النور ومتوسّطة بين الصلبة والشبكيّة. وثالثها الشبكية س وهي مكوّنة من انبساط العصب البصريّ الذي ينشأ من الدماغ ويدخل العين من موّخرها

والرّطوبات اولها المائية وهي سائل صافٍ شفّاف موضوع في غرفةٍ ف وراء القرنية. ويحدُّ هذه الغرفة من ورائها حجابٌ د د مثقوبٌ من مركزهِ ويسمى القزحية وهذه لونها في البعض اسود وفي البعض ازرق وفي البعض اشهل الى غير ذلك . ويسمى الثقب الذي في وسطها البوبوءَ * وثانيها البلّورية ح وهي جسم لدن املس شفاف كالعدسية المزدوجة التحديب ومؤلفٌ كالبصلة من

طبقاتٍ متراكزة . وهي اكثف في الوسط منها على الجوانب فتزيد قوَّتها في الوسط على تكسير النور فيزول منها الخطاء الكرويُّ . وموضوعة وراء القزحية * وثالثها الرطوبة الزجاجية وهي جسم شفَّاف لزج كبياض البيض النيء وتشغل ما بقي من الخلاء وراء البلّوريَّة داخل العين

(٣٣٤) ارتسام الصور على العين * العين اشبه الاشياء بالخزانة المظلمة (عد ٢١٩) فبؤبؤها بمنزلة الثقب وبلوريتها بمنزلة العدسية في الثقب وشبكيَّتها بمنزلة الحاجز الذي تلقى الصور عليهِ * لنفرض



الشكل ٢٠١

ان ا س (الشكل ٢٠١) شيءٌ وقعت الشعاع منهُ على العين . فتنكسر اولاً في القرنية ثم في الرطوبة المائية ثم في البلورية كثيرًا ثم في الزجاجية وتقع على الطبقة الشبكية فترسم الصورة مقلوبةً عليها . وهذه تنقل تأثير النور فيها الى العصب البصري والعصب البصري ينقلهُ الى الدماغ فيشعر العقل بالصورة * وعليهِ يلزم ان نرى الاشباح مقلوبةً والواقع اننا نراها مقوَّمةً . وقد اختلفوا في سبب ذلك ولعلهُ ان العقل لا ينظر الى الصورة بل ينظر الى الشيء بواسطة الصورة فيردُّ اعاليها الى اسافلهِ واسافلها الى اعاليهِ فيراهُ مقوَّمًا . ولما كانت المشيمية سوداء اللون فهي تمتصُّ النور لئلاَّ يشوّش الصورة بانعكاسهِ من جهة الى جهة داخل العين

(٣٣٥) إحكام العين وحد البصر الجلي * قد مرَّ في العدسيَّة المزدوجة التحديب انهُ كلما قرب الشيء منها بعدت بؤرتها المنضمة عنها فبعدت صورتهُ وكلما بعد عنها قربت صورتهُ منها (عد ٢٧٧) فلو كانت العين تبقى على تحدُّبٍ واحدٍ لكانت الصورة تقع تارةً على الشبكية وتارةً امامها وتارةً وراءها حسب قرب المرئيات من العين وبعدها عنها وكان الناظر لا يرى الاشباح جليةً ما لم تقع على بعدٍ معلومٍ منهُ ويراها في ما عدا ذلك مشوَّشة غير جلية .

والواقع انهُ يراها جلية على ابعادٍ متفاوتة لان العين تحكم نفسها بحيث تنجلي لها الصورة في القرب وفي البعد . ودليلهُ انك اذا أدمت النظر الى شبحٍ قريب ثم حوّلتهُ بغتةً الى شبح بعيد رأيتهُ اولاً غير جلي ثم ينجلي بعد قليل . وما ذلك الاَّ لان عينك تحكم نفسها بقدر ما يلزم لوقوع الصورة على الشبكية . والمتفق عليهِ ان ذلك الاحكام يكون بان العين تزيد تحدُّب البلورية في النظر الى البعد وتقلّلهُ في النظر الى القرب بحيث تقع بؤرتها على الشبكية في الحالين

غير انهُ وان كانت العين ترى الاشباح جلية على ابعاد متفاوتة فانها تراها على اجلاها اذا وقعت على بعدٍ معيَّن منها وتستقلُّ جلاءَها كلما بعدت عنهُ . ولذلك يسمّى هذا البعد حدّ البصر الجلي وهو يختلف بحسب العيون والمعتاد ان يكون ما بين ١٠ و١٢ قيراطًا اذا كان الشبح صغيرًا كالكتابة الصغيرة الحروف

(٢٣٦) قصر البصر وطولهُ* اما الذي لا تنجلي لهُ تلك الكتابة على هذا البعد بل على اقرب منهُ فيقال انهُ قصير البصر (ميوپ) واما الذي لا تنجلي لهُ تلك الكتابة الاَّ على ابعد منهُ فيقال انهُ طويل البصر او مُطرَح (پرِسْبِيُوپ) فقصر البصر يحصل من زيادة التحدُّب في القرنية والبلورية. ولذلك اذا انكسرت اشعة شبح فيها لم تجتمع في بؤرةٍ على الشبكية نفسها بل امامها كما ترى ارتسام صورة الصليب في الشكل ٣٠٢ فتكون غير واضحة على الشبكية . فاذا قرب الشبح من العين اذ ذاك بعدت البؤرة عن البلورية ووقعت على الشبكية فانجلت صورتهُ . وهذا هو السبب في كون القصير البصر يستجلي الاشباح عن اقرب من حد البصر الجليّ.



الشكل ٣٠٢

وكذلك يستجليها ولو لم تقرب منهُ اذا خازر جفنيهِ اي قرَّب بينهما او اذا نظر اليها من ثقب صغير. لانهُ حينئذٍ تقلُّ الشعاع الداخلة الى العين ويمرُّ اكثرها في مركز البلورية

فلا يتأثر كثيرًا بالانكسار ولذلك تبعد البؤرة التي يجتمع فيها وتقع على الشبكية ويكثر قصر البصر في الاحداث ولكنهم كلما كبروا قلّ تحدُّب عيونهم حتى ان بصرهم يصطلح غالبًا عند تأخُّر بصر غيرهم

وطول البصر يحدث من تسطُّح البلورية بعكس قصر البصر فالاشعة التي تنفذها تجتمع لو التفت في بؤرة وراء الشبكية كما ترى في ارتسام صورة الصليب في الشكل ٣٠٢ ولذلك لا ترى لها العين صورة جلية الا اذا بعدت الاشباح عنها حتى تصير بؤرة الاشعة



الشكل ٣٠٢

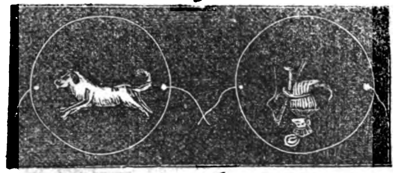
تقع على شبكيتها . وهذا هو السبب في عدم انجلاء الصور في القرب للطويل البصر وهذه العلة تكثر في الشيوخ لان البلورية تقسو فيهم وتقل مرونتها فتتسطح على تمادي الايام

ويُصلح قصر البصر بوضع عدسيات (عوينات) مقعرة امام العين فتفرج الاشعة قبل وقوعها على العين حتى انها متى نفذت البلورية تلتقي على الشبكية وذلك بشرط ان يكون تفريج العدسية للاشعة بقدر زيادة تحدُّب البلورية. ويُصلح طول البصر بوضع عدسيات محدَّبة امام العين فتضمُّ الاشعة قبل انكسارها في البلورية وتجعل موقع بؤرتها على الشبكية بشرط ان يكون ضمها للاشعة بقدر زيادة تسطُّح البلورية

(٣٢٧) بقاء الأثر على الشبكية * ان الصورة التي تُرسَم على الشبكية لا تزول عنها حال زوال الشبح من امام العين بل تبقى نحو ثُمن الثانية بعد زواله . ولذلك يظهر الدولاب ساكنًا اذا زادت سرعة حركته . وتخطُّ جذوة النار دائرة كاملة من النور اذا أُديرت بسرعة. ويخطُّ البرق خطًّا متصلاً في الجوّ والشهب خطوطًا نيّرة في السماء . فان هذه كلها تتحرَّك بسرعةٍ عظيمة فلا يزول اثر صورتها الواحدة عن العين حتى يكون قد أُضيف اليه اثر صورتها

الثانية فتتصل الصور بعضها ببعض وترى العين الجذوة مثلاً حلقة من النار لا كما هي

وعلى ما تقدم أُخترِعت العاب شتى يقال لها تُوْمَتْرُوپا (اي ادارة عجيبة) منها ان يُقطَع قرصٌ من الكرتون وترسم صورة رجُلٍ على وجهٍ من وجهيهِ وصورة كلبٍ على الوجه الآخر (ترى الصورتين مبسوطتين في الشكل ٢٠٤) ثم يربط خيطٌ بجانبٍ من القرص وخيط آخر



الشكل ٢٠٤

بالجانب المقابل له ويدار القرص بسرعة حتى تظهر الصورة الواحدة وراء الأُخرى . فاذا تعاقبت الصورتان على العين بسرعة عظيمة انصلت آثارها على الشبكية فيظهر الرجل والكلب معًا والرجل على ظهر الكلب[1] . وكما ان الاثر يبقى على العين برهةً بعد زوال الشبح المؤثّر فكذلك لا تتأثَّر العين حالاً بل بعد برهة من وقوع النور عليها من الشبح المؤثّر. فاذا دار دولاب ذو عوارض دورانًا زائد السرعة لم تعُد العين ترى العوارض لانها تزول من امامها قبلما يؤثّر نورها فيها

(٢٣٨) الإشعاع * قلنا ان العين تصلح الخطاء الكروي (عد ٢٣٢) ولكنها لا تصلحهُ تمامًا بل اذا وقع الضوء عليها من جسم منير استنارت اجزاء الشبكية المجاورة للاجزاء التي ترسم صورة الجسم عليها فيرى الناظر الجسم اكبر ممّا هو . ولذلك يظهر لهيب القنديل اكبر ممّا هو والقسم المنير من الهلال اوسع من القسم المظلم منهُ حال كون القسمين من قرص واحد

(١) اذا اشتدَّ تاثير النور على العين تعب العصب البصري وضعف تأثرهُ بالنور ولذلك اذا اطال الانسان النظر الى جسم احمر مثلاً لم تعد عينهُ تتأثر باللون الاحمر . فاذا حوَّل نظرهُ حينئذٍ الى جسم ابيض لم يرَ اللون الاحمر من الالوان السبعة بل يرى متممة اي يرى الجسم الابيض اخضر . وذلك يوضح ما قيل (عدد ٢٨٩)

(٢٣٩) العمى اللوني * من العيون ما لا يرى بعض الالوان كما ان من الآذان ما لا يسمع بعض الاصوات . وهذا النقص يقال له العمى اللوني . ذكر الدكتور مِتشِل ان ضابطاً من البحرية اشترى حلةً رسمية سترتها زرقاء وصدريتها حمراء حاسباً انهما من لون واحد . وان خيّاطاً رقع صدريةً من الحرير الاسود برقعة قرمزية اللون وآخر ركّب طوقاً احمر على جبّةٍ زرقاء . وكان العلاّمة دلتُن لا يرى الاّ الازرق والاصفر من الطيف الشمسي . فاتفق ان قلماً من شمع الختم الاحمر سقط من يدهِ على العشب فلم يميّز لونهُ من لون العشب * هذا ومدى الاذن اوسع من مدى العين في التأثر بالمحسوسات فان الاذن تسمع احد عشر ديواناً من الاصوات واما العين فلا ترى اكثر من ديوان واحد من الالوان

(٢٤٠) صغر الصور في العين * ان قطر العين اقصر من قيراط ومع ذلك يرتسم على شبكتها صورة ارضٍ واسعة بكل ما فيها من النجاد والوهاد والسهول والصخور والمياه والاشجار والابنية والحيوانات مستوفية التفاصيل . فكأن الشبكية شاطئ وامواج النور تجري اليهِ من كل النواحي وتغوص عندهُ الوفَ الوفٍ على الوف الالوف. هذا ونحن نعجب لجمال ذلك المنظر ونغفل عن عجائب هذا المشعر

(٢٤١) البصر بالعينين * اذا اتجهت العينان الى شبحٍ واحد ارتسمت له صورة على شبكية كل منهما ومع ذلك فالناظر يراهُ مفرداً لا مزدوجاً . وقد اختلفوا كثيراً في تعليل ذلك . ولعلّ تعليلهُ ان الشبكيتين مثل فرعين كبيرين متفرّعين على اصلٍ واحدٍ وكلّ جزءٍ من هذا الاصل مهما صغر يتفرّع فرعين احدهما يذهب الى الفرع الواحد والآخر الى الفرع الآخر . فاذا اتجهت العينان الى الشبح اتجاهاً واحداً ارتسمت صورتهُ على الاجزاء الموافقة من الشبكيتين ونقلت الشبكية الواحدة تأثير صورتها الى نفس الاصل الذي تنقل الشبكية الأُخرى تأثير صورتها اليهِ فيرى العقل الصورتين صورةً مفردة .

ولا فرق بين ان يرى الانسان المرئيات بعين واحدة او بعينين الاَّ بان العينين تؤدّيان الى العقل صورةً اوضح من التي تؤديها العين الواحدة وتجسّمان المرئيات كما سيأتي في الستيريُسكوب وذلك لا يكون بالعين الواحدة في الغالب

واعلم ان العقل لا يرى الشبح مفردًا ما لم تتجه العينان معًا اليهِ او بالاحرى ما لم يتجه محورهما البصريان(١) اليهِ. فاذا اتجهت احداهما اليهِ ولم تتجه الاخرى مثلها ظهر الشبح مزدوجًا كما يحدث في الحوَل وكما يحدث ايضًا اذا ضغط الانسان مقلة واحدة حتى لا تتحرّك كالأخرى فانهُ يرى الجسم جسمين. وكل شبح يظهر للعينين مزدوجًا الاَّ ما تتجهان اليهِ . فاذا وضعت اصبعك بينك وبين القنديل ووجّهت عينيك الى القنديل رأيتهُ مفردًا ورأيت اصبعك مزدوجةً

(٣٢٣) السَّتيرِيُسكُوپ * الستيريسكوپ كلمة مركَّبة من لفظتين يونانيتين معناهما الشعور بالتجسُّم . وهو آلة تري بعض الصور المسطَّحة مجسَّمة اخترعهُ هويتستون وحسَّنهُ برُوستر . وبيانهُ : ان العينين اذا نظرتا الى شيءٍ مسطح كالصورة على الورق رأَت كل منهما نفس ما تراهُ الأخرى واما اذا نظرتا الى جسمٍ متعدّد السطوح كالكتاب رأَتهُ العين اليمنى مختلفًا قليلاً عما تراهُ اليسرى لانها ترى من بعض جهاته ما لا تراهُ اليسرى وبالعكس وبذلك يتميّز لنا المجسَّم عمَّا ليس مجسمًا

فاذا صوِّر شبحٌ صورتين الواحدة كما تراهُ العين اليمنى والأخرى كما تراهُ العين اليسرى ونظرت كل عين الى صورتها من وراء منشور او عدسية ظهرت الصورتان صورةً واحدةً مجسمة كانها الشبح نفسهُ. ترى (الشكل ٢٠٥) الصورتين ا وب والعينين تنظران اليهما من وراء

الشكل ٢٠٥

(١) اذا كانت العين سالمة فمحورها البصري خطٌ مستقيم يمر من مركزِ كلٍّ من البلورية والبؤبؤ والقرنية الى الشبح

منشور بن م ون وهذان المنشوران مخروتان حتى ان م يكسر الشعاع الآتية من ا فترى العين الصورة ب عند ت ايضاً. فباجتماع الصورتين في واحدة مع موافقة كل منها لما تراهُ العين الناظرة اليها في الشبح المجسَّم تنخدع العينان فتحسبانها شبحاً مفرداً مجسَّماً

(٣٣٣) مسائل للتمرين * (١) لماذا تكون القوس الفرعية اخفى من الاصلية والوانها بعكس الوانها. (٢) لماذا لا نرى المرئيات من وراء زاوية البيت ولا من انبوبة ملتوية. (٣) نريد ان نصوّر مدخلاً لدهليز مظلم فبأي لون نلوّنهُ حتى يظهر كذلك. (٤) هل الابيض والاسود لونان والاَّ فما هما. (٥) اذا قرَّبنا الشبح من الضوء أيصغر ظلهُ ام يكبر. ولماذا. (٦) كم يلزم ان يكون طول المرآة حتى تجعل طول صورة الناظر قدر طولهِ. الجواب نصف طول الناظر. (٧) في اي جهة تظهر قوس قزح صباحاً. (٨) هل يرى كلٌّ من الناظرين نفس القوس التي يراها الآخر. (٩) لماذا ينبهر بصر من يخرج من الظلام الى النور الساطع. الجواب لان بؤبؤ العين ينقبض اذا اشتدَّ النور عليهِ فيضيق ويقلل مقدار النور الداخل اليها. وينبسط في الظلام فيتسع ليدخل ما تيسَّر من النور اليها. ولذلك يخرج الانسان من الظلام وبؤبؤ عينهِ متسع فيكثر النور الداخل اليها ويبهر بصرهُ الى ان يضيق البؤبؤ. (١٠) لماذا يبصر الهرُّ ليلاً. الجواب لان بؤبؤهُ مشقوق طولاً فينسع في الظلام بقدر الحاجة. (١١) لماذا لا يبصر البوم نهاراً. الجواب لان بؤبؤهُ متسع جدًّا ولا يضيق بقدر المطلوب فتكثر اشعَّة الشمس على شبكية عينهِ فتبهرها. (١٢) اذا كان نور الشمس على سيَّار $\frac{1}{16}$ من نورها علينا فما بُعد السيَّار عن الشمس بالنسبة الى بُعد ارضنا عنها. (١٣) اذا كان نور المصباح على كتاب في يدي معلوماً وانا على بعد ست اقدام عنهُ فكم ينقص اذا ابعدتُ عنهُ ست اقدام أُخرى. (١٤) لماذا تظهر نقط المطر النازلة كالخيوط. (١٥) لماذا يغمق لون المنشفة اذا ابتلَّت بالماء. (١٦) أفي الشبح المنظور يكون

اللون أم في عقل الناظر . (١٧) لماذا تكون رغوة الصابون ظليلة حال كون الهواء ومذوّب الصابون شفّافين . (١٨) لماذا تبيضُ عقدة الدبس اذا مُطّت . (١٩) لماذا يصير لون الطلاء فاتحًا بعد ما ينشف . (٢٠) لماذا يستعمل المصوّر بالشمس ضوء الكاز في الغرفة المظلمة . (٢١) لماذا ترتسم الصورة مقلوبة على الخزانة المظلمة . (٢٢) لماذا تظهر الصورة الثانية اوضح من الأولى في الشكل ١٥٠ . (٢٣) يقولون نلطمك لطمة تريك نجوم الظهر فهل ترى اللطمة نورًا . الجواب اذا كانت اللطمة على الراس فربما هيجت العصب البصري فيتأثر كما يتأثر بالنور فيشعر بنور ولا ضوء في الخارج . (٢٤) لماذا يرى السكران الاشباح مزدوجة



الباب التاسع

في الحرارة

الفصل الاول

في ماهيّة الحرارة ومَصادِرها

(٣٣٤) حدود * الحرارة المنيرة هي التي يشعُّها الجسم المنير كحرارة حديدةٍ أُحمِيَت حتى ابيضَّت . والحرارة المظلمة هي التي يشعها الجسم المظلم كحرارة حديدة أُحميت قليلاً * والجسم الدِياثرْمي هو الذي تنفذهُ الحرارة كما ينفذ النور الجسم الشفَّاف كحجر الملح الذي هو اصلح الاجسام لنفوذ الحرارة . والجسم الأَثِرْمي هو ما لا يصلح لنفوذ الحرارة * والبَرْد لفظة اضافية يراد بها قلّة الحرارة * والبخار والغاز شيئان لا يختلفان الّا بكون البخار يسهل تحويلهُ عمَّا هو والغاز يعسر تحويلهُ عمَّا هو . فبخار الماء يتحوَّل الى غيم بانحطاط حرارتهِ قليلاً واما غاز الهواء فلا يتحوَّل عمَّا هو كذلك

(٣٣٥) ماهيّة الحرارة * في ماهيّة الحرارة قولان احدهما انها مادّة والآخر انها حركة . فاصحاب القول الاوّل يذهبون الى ان الحرارة سائل لطيف يتخلّل دقائق الاجسام كما يتخلّل الماء الحصى في مسيل من الماء . فاذا طُرِّق الجسم حتى تقترب دقائقهُ بعضها الى بعض خرجت الحرارة منهُ كما يخرج الماء من الخرقة اذا عُصِرت . ويزعمون ان سوائل الحرارة هذه اذا احاطت بدقائق الاجسام دفعت بعضها بعضاً وابعدت الدقائق بعضها عن بعض فتضادُّ بذلك قوة جاذبية الملاصقة (عد ٣٥) وانها اذا دخلت الى اجسادنا شعرنا بالحرّ واذا خرجت منها شعرنا بالبرد

واصحاب القول الثاني يذهبون الى ان دقائق كل جسمٍ متحركة فيهِ على الدوام كما ان كواكب الكون متحركة فيهِ على الدوام فكلما زادت سرعتها زادت حرارتهُ وكلّما نقصت سرعتها نقصت حرارتهُ فزاد بردهُ . وبيان ذلك ان الاثير يشغل كل حيّز بين دقائق الاجسام فاذا تحرّك حرّكها ثم تحرّك بها كما ان الهواء اذا هبَّ حرّك الاغصان ثم تحرّك بها فتحصل الحرارة من حركة دقائق الجسم ودقائق الاثير. مثال ذلك : اذا وُضع طرف قضيب من الحديد في النار تحرّكت دقائقهُ التي في النار تحرُّكاً عنيفاً وصدمت التي بجانبها وهذه تصدم التي بجانبها وهلمّ جرّاً حتى تنتقل الحركة على دقائق القضيب كلّها من الطرف الواحد الى الطرف الآخر. ثم اذا أمسك واحدٌ بطرفهِ صدمت دقائقهُ دقائق يدهِ واتصلت الى دقائق اعصاب الحس التي في اليد فتتحرّك هذه حتى تبلغ حركتها الى الدماغ[1] فتشعر النفس شعوراً مؤلماً هو الم الحرق فيقول المحترق ان هذا القضيب حامٍ . واما اذا لم يمسك بالقضيب بل ادنى يدهُ منهُ شعر بحرارة غير مؤلمة كالحرارة الاولى بل الطف منها. فهذه الحرارة حركة تنتقل

(١) يقال ان الحركة تنتقل على الاعصاب بسرعة ٩٣ قدماً في الثانية . فاذا داس رجل طولهُ ست اقدام على جمرة من النار لم يرفع قدمهُ عنها الّا بعد ثُمن الثانية تقريباً لان هذا الزمان يقتضي للنفس حتى تشعر بالم الحرق وتامر الاعصاب برفع القدم عن الجمرة المحرقة

الى اعصابهِ ليس بتحريك القضيب لدقائق يدهِ راساً بل بتحرك دقائق الاثير التي حول دقائق القضيب وهزّها لدقائق يدهِ . وهذا هو القول المعوَّل عليهِ الآن

(٣٣٦) علاقة الحرارة بالنور * بين الحرارة والنور علاقة شديدة فاذا وُضِعت حديدة باردة في النار لا تبقى مظلمة بل تصير حمراء منيرة كجذوة النار . واذا احميتَ شريطةً من البلاتين شعرتَ اولاً بحرارتها المظلمة خارجةً منها ولكنك لم ترَ لها لوناً . واما متى زدت حرارتها فتنير وترى لها اولاً لوناً احمر ثم برتقاليًّا متركبًا معهُ ثم اخضر وهكذا حتى تجتمع فيها كل الوان الطيف فتراها بيضاء ساطعةً . ومثل الحديد كل الاجسام فانها تنير على درجاتٍ معيَّنة من الحرارة * وفضلاً عما تقدَّم من العلاقة تنعكس الحرارة وتنكسر وتستقطب كالنور وتسير مثلهُ في خطوط مستقيمة الى كل الجهات بالسواء وتنقص شدتها بقدر زيادة مربَّع البعد كما تنقص شدَّتهُ وتجري بسرعة جريهِ . ولذلك يُظَن انهما شيء واحد وان النور حرارة مضيئة وان كل الفرق بين اشعتهِ واشعتها والاشعة الكيماوية في الطيف الشمسي هو في عدد اهتزاز دقائقها . فاذا كان عدد اهتزازات الدقائق قليلاً حصل منها الشعور بالحرارة عند وقوعها على اعصاب الحس العام . واذا كان عدد اهتزازات الدقائق عظيماً حصل منها الشعور بالنور من اللون الاحمر الى اللون البنفسجي . واذا كان عدد اهتزازات الدقائق اعظم فقصرت امواجها جدًّا حصل منها الاشعة الكيماوية

ثم ان اهتزاز الحرارة يكون على درجات شتَّى فان كان على أبطائهِ كانت الحرارة لطيفة وان كان على اسرعهِ تكون لذَّاعة كما ان سرعة اهتزاز الهواء اذا زادت احدثتْ صوتاً عاليًا واذا قلَّت احدثت صوتاً منخفضاً (عد ٢١٢) وسرعة اهتزاز الاثير في النور اذا زادت احدثت اللون البنفسجي واذا قلَّت احدثت الاحمر (٣٨٤) فالدرجات في الحرارة بمنزلة العلو في الصوت الموسيقي والالوان في النور

(٣٢٧) مصادر الحرارة * مصادر الحرارة اي ما تصدر منهُ الحرارة ثلاثة : مصادر طبيعية ومصادر ميكانيكيَّة ومصادر كيمية

فالمصادر الطبيعية الشمس والنجوم والارض والكهربائية . فالشمس جسم مشتعل منهُ معظم حرارتنا وقد حسبوا ان ما يصل من حرارتهِ الى الارض في سنة يكفي لتذويب طبقة من الثلج تحيط بالارض وسمكها اكثر من مئة قدم. ومع ذلك فلا يصلنا الا $\frac{1}{2281000000}$ من حرارتها . وقد قدَّروا ان النجوم ترسل الينا نحو اربعة اخماس حرارة الشمس * الا ان حرارة الشمس والنجوم تنزل في الارض بين خمسين قدمًا ومئة قدم فقط ومع ذلك فالحرارة تزداد بزيادة العمق لان الارض نفسها حارة . والمظنون ان حرارتها من نيران تشغل باطنها كلَّهُ او بعضهُ * اما كون كهربائية الهواء مصدرًا للحرارة فواضح من البرق الذي اذا اصاب الرمل او المعادن صهرها من شدَّة حرارتهِ * وتتولد حرارة هذه المصادر من اهتزاز دقائقها اهتزازًا سريعًا على الدوام بتموُّج الاثير فيتموَّج حتى يصدمنا فتنتقل الحرارة الينا

(٣٢٨) والمصادر الميكانيكية هي الاحتكاك والطرْق والضغط. فاذا احتكَّ جسم بآخر ظهرت الحرارة من احتكاكهما. وعليهِ يشعل بعض البرابرة النار بحك حطبةٍ بحطبةٍ . والآلات المتحرّكة تحمى بحكها بعضها على بعض وربما اتقدت اذا لم يقلَّل احتكاكها بالزيت او الدهن . فقد ثقب رُمفُرد مدفعًا من نحاس فتولَّد معهُ من الحرارة في $2\frac{1}{2}$ ساعة ما يغلي $26\frac{1}{2}$ ليبرا من الماء الذي حرارتهُ ٣٢°ف. وسبب ظهور الحرارة من الاحتكاك هو ان الاحتكاك يزيد حركة دقائق الاجسام سرعةً فتزداد حرارتها * واذا طرق الحدَّاد حديدة تحمى حتى تضيء من الحموّ . والبيطار قد يُشعِل سيكارتهُ من مسمار يطرِّقهُ بسرعةٍ وبقوَّةٍ على سندانهِ نحو ١٠ ثوانٍ ماسكًا اياهُ بملقط او نحوهِ اذا لم يتيسَّر لهُ نار لاشعالها . واذا اصاب حافر الفرس حجرًا فربما اورى نارًا لان نضونهُ تصدم

الحجر فتظهر حرارة تُحمي ما يتطاير منها حتى يضيء . واذا أُطلقت قنبلة المدفع على غرض من الحديد اندفق النور منهُ عند صدمها لهُ . ولو صدمت ارضنا شيئًا فوقفت بغتةً عن حركتها لتولّد من ذلك حرارة تحوّلها هي وكلّ ما عليها الى بخار لان سرعة دورانها في فلكها حول الشمس تنيف على ٦٨ الف ميل في الساعة فاذا وقفت تحوّلت كل هذه الحركة الى حرارة . وسبب ظهور الحرارة من الطرق هو انهُ يحرّك دقائق الجسم حركة سريعة جدًّا فيزيد حرارتها وربما زاد سرعتها حتى تموّج الاثير تموُّجًا يُحدِث النور عند وقوعهِ على العين * واذا ضُغِطت خشبةٌ بالمكبس المائي حميت . واذا وُضِعت صوفانة في اسفل مدكٍ وأُدخل هذا المدكُّ ادخالاً محكمًا في انبوبة متينة الجدران كما ترى في الشكل ٣٠٦ انحصر الهواء الذي يشغلها وانضغط تحت المدك انضغاطًا شديدًا فتظهر من انضغاطهِ حرارة تشعل الصوفانة ولا تنقص عن ٥٧٢° ف .


الشكل ٣٠٦

(٣٢٩) والمصادر الكيمية هي في التركيب الكيمي وهو عبارة عن اتحاد جسم بجسم آخر بما بينهما من الالفة . وهذا الاتحاد تظهر منهُ حرارة على المعتاد : الّا انهُ اذا كان بطيئًا كحدوث الصدإِ من اتحاد الحديد باكسجين الهواء لم

يُشعَر بالحرارة التي تظهر حينئذٍ لانها تتبدَّد حالما تظهر واما اذا كان سريعًا فتظهر كما في اشتعال الحطب. فان الاشتعال يحصل من اتحاد الاكسجين الذي في الهواء بالهيدروجين والكربون اللذين في الوقود لان بينهُ وبينهما الفةً فيهجم عليهما ويهجمان عليهِ ويصطدم الفريقان عند التقائهما فيقفان ويهتزُّ دقائقهما ويهتزُّ الاثير الذي حولها فتتموَّجهُ امواج حرارة وامواج نور. ومن هذا القبيل حرارة الحيوانات فانها تحصل على ما يُظَنُّ من اتحاد اكسجين الهواء الذي تستنشقهُ بالهيدروجين والكربون اللذين في طعامها

(٢٤٠) عديلُ الحرارة الميكانيكيُّ * كل ما تقدَّم من الامثلة عن تحوُّل الحركة الى حرارة لا يُفقد فيهِ شيءٌ من القوَّة. فان الحدَّاد الذي يطرق على السندان طرقة لا تتلاشى قوَّتهُ التي طرق بها بل تتحوَّل الى قدرٍ معيَّنٍ من الحرارة. ولو امكن جمع هذه الحرارة واستعمالها لرفعت المطرقة عن السندان الى العلوّ الذي انزلتها يد الحدَّاد منهُ. فلا قوَّة تتلاشى وانما تتحوَّل من صورة الى أُخرى

وقد وجد جول الانكليزي بتجارب متعدّدة انهُ اذا وقع جسم ثقلهُ ليبرا من علو ٧٧٢ قدمًا تولَّدت من حركة وقوعهِ حرارة ترفع حرارة ليبرا واحدة من الماء درجةً واحدةً: وبالعكس اي ان الحرارة اللازمة لرفع حرارة ليبرا واحدة من الماء درجة واحدة ترفع جسمًا ثقلهُ ليبرا الى علو ٧٧٢ قدمًا. ويسمَّى هذا الناموس ناموس جول او عديلَ الحرارة الميكانيكيَّ لانهُ يبين ما تعدلهُ الحرارة اذا تحوَّلت الى قوَّة ميكانيكية

الفصل الثاني

في تغيير الحرارة للاجسام

(٣٤١) الحرارة الظاهرة والمختفية والنوعيَّة * اذا احمينا جسماً من الاجسام انقسمت قوة الحرارة الى قسمين احدهما يزيد سرعة الدقائق المؤَلف منها الجسم فيرفع درجة حرارتهِ والآخر يبعد الدقائق بعضها عن بعض فيمدّدهُ اي يكبّر حجمهُ. والاوَّل يُشعر بهِ بحاسَّة اللمس ولذلك يقال لهُ الحرارة الظاهرة والثاني يبذل في مقاومة جاذبيَّة الملاصقة فلا يُشعر بهِ بحاسة اللمس ولذلك يقال لهُ الحرارة المختفية . وتتأَثَّر الاجسام تأَثرًا متفاوتًا بكلٍ من هذين القسمين فمنها ما يتمدَّد كثيرًا وترتفع درجة حرارتهِ قليلاً ومنها ما هو بالعكس . ولذلك اذا أُحميت اجسام متعدّدة بحرارة واحدة لم يلزم ان ترتفع حرارتها الى درجة واحدة. ولا يلزم اذا كانت درجة حرارتها واحدة ان يكون مقدار الحرارة في كلٍ منها واحدًا . فبخار الماء حرارتهُ على درجة حرارة الماء الغالي ولكنهُ يحتوي من الحرارة المختفية ما لا يحتوي بهِ الماء الغالي ولا جسم آخر الاَّ الهيدروجين الذي يحتوي اكثر منهُ . و يحسب الماء قياسًا

نقاس عليهِ الحرارة النوعيّة لباقي الاجسام. فالحرارة النوعية لكل جسمٍ هي النسبة بين المقدار اللازم من الحرارة لرفع حرارة ثقل معيّن من ذاك الجسم درجةً واحدةً وبين المقدار اللازم من الحرارة لرفع حرارة ذلك الثقل من الماء درجةً واحدةً. مثالهُ: الحرارة التي ترفع ليبرا من الماء درجةً واحدةً ترفع ليبرا من الزئبق ٣٣ درجة فالمقدار اللازم من الحرارة لرفع حرارة الزئبق درجة واحدة فقط هو $\frac{1}{33}$ من الحرارة اللازمة لرفع الماء كذلك. فتكون حرارة الزئبق النوعية او قابليتهِ للحرارة ٠٣٣ من الواحد على فرض حرارة الماء النوعية او قابليتهِ للحرارة واحدًا

(٣٤٢) استعلام الحرارة النوعية * اولاً تُستعلَم الحرارة النوعية للسوائل كما يأتي: احمِ مقدارًا معينًا من السائل حتى يصير على درجة معلومة من الحرارة ثم امزجهُ بمقدارٍ يساويهِ من الماء ولكن درجة حرارتهِ دون درجة حرارة السائل واستعلم حرارة المزيج فتكون أدنى من حرارة السائل واعلى من حرارة الماء. ثم قل نسبة ما خسرهُ السائل من الحرارة بالمزج الى ما ربحهُ الماء بالمزج كنسبة واحد الى حرارة السائل النوعية. مثالهُ: احمينا اوقية من الزئبق حتى صارت حرارتها على درجة ١٣٢ ف. وصببناها في اوقية من الماء حرارتها على درجة ٣٢ ف. فوجدنا حرارة المزيج على درجة ٣٥ ٣٥° اي ان الزئبق قد خسر من حرارتهِ ٧٥ ٩٦° والماء قد ربح على درجة حرارتهِ ٣٥ ٣° فنقول نسبة ٧٥ ٩٦ : ٣٥ ٣ :: ١ : الى الحرارة النوعية للزئبق وهي ٠٣٣

ثانيًا وتُستعلَم الحرارة النوعية للجوامد كما يأتي: تُصبُّ كميات متساوية من الماء البارد في كؤوس من الزجاج (الشكل ٢٠٧) وتؤخذ اجسام مساوية

لعدد الكؤوس ومتساوية وزنًا مما يراد معرفة حرارتهِ النوعية . ثم تُغمَس هذه الاجسام معًا في الماء الغالي حتى تصير حرارتها كحرارة الماء الغالي وتُرفَع وتُدلّى في كؤوس الماء البارد وتُترك هنيهة حتى توصل حرارتها الى الماء . فكل جسم منها يرفع درجة حرارة الماء بحسب حرارتهِ النوعية. فاذا كانت حرارتها النوعية متساوية رفعت حرارة الماء الى درجة واحدة والاَّ رفعتهُ ارتفاعًا متفاوتًا . فالرصاص يرفعها اقل من القصدير والقصدير اقل من النحاس الاحمر وهذا اقل من الحديد. فيُستعلَم الفرق بين حرارتها قبلما غُمِسَت في الماء البارد وحرارتها بعد ما غمست فيهِ . وتستعلم منهُ حرارتها النوعية على النسبة المتقدمة في الطريقة الاولى[1] اي نسبة ما يخسرهُ جسم كالرصاص مثلاً من الحرارة : ما يربحهُ الماء البارد :: ١ : الحرارة النوعية من ذلك الجسم

الشكل ٢٠٧

(٣٤٣) بقاء الحرارة المختفية * كلما تحوَّل الجامد الى سائل او تحوَّل السائل الى غاز تحوَّلت الحرارة الظاهرة فيهِ الى حرارة مختفية. فكلُّ من يغلي الماء او يذوّب الثلج يعلم ان الماء لا يغلي والثلج لا يذوب الاَّ بوضعها على النار او نحوها حتى تصل حرارتها اليها

---

(١) الحرارة النوعية

	الحرارة النوعية		الحرارة النوعية
للماء	١٫٠٠٠٠	للنحاس الاحمر	٠٫٠٩٥١
للفحم	٠٫٢٤١١	للفضة	٠٫٠٥٧٠
للكبريت	٠٫٢٠٢٥	للزئبق	٠٫٠٣٣٣
للماس	٠٫١٤٦٩	للذهب	٠٫٠٣٢٤
للحديد	٠٫١١٣٨	للبلاتين	٠٫٠٣٢٤
للتوتيا	٠٫٠٩٥٥	للرصاص	٠٫٠٣١٤

وتختفي فيها. ولكن هذه الحرارة لا تتلاشى بل تصير حرارة ظاهرة حالما يرجع البخار سائلاً والسائل بخارًا . فاذا وضع الانسان ماء على كفهِ سخن الماء بحرارة كفهِ وتحوَّل الى بخار فيشعر الانسان ببرودة الماء لان حرارة كفهِ انتقلت اليهِ واختفت في بخارهِ . واذا تكاثف البخار على كف الانسان شعر بسخونتهِ لان البخار المتكاثف يردُّ كل الحرارة التي اختفت فيهِ الى الكف. وعلى ما تقدَّم يكون جمود الماء من باب التسخين وذوبان الثلج من باب التبريد خلافًا لما يتوهمهُ الانسان من اوَّل وهلةٍ. فلنا مما تقدَّم هذه القاعدة وهي انهُ اذا تحوَّل جسم الى الطف منهُ اختفت فيهِ الحرارة واذا تحوَّل الى اكثف منهُ ظهرت منهُ الحرارة

(٢٤٤) الامزجة المجمِّدة * ان بعض الاجسام اذا مُزِجت معًا بردت حتى تصير كالجليد على مبدإ الحرارة المختفية . واشهر هذه الامزجة مزيج البوزه وهو ملح وثلج يمزجان معًا. فالملح لهُ ميل شديد الى الماء ولذلك يذوّب الثلج حتى يلاقي الماء او يذوب فيهِ . ولكن بذوبان الثلج والملح معًا الذي تساعدهُ حرارة الحليب يمتص مذوَّبهما حرارةً وافرةً من الحليب تختفي في المذوَّب لما مرَّ . ومتى قلَّت حرارة الحليب يبرد فيجمد ويعرف اذ ذاك بالبوزة

(٣٤٥) التمدُّد * قلنا (عد ٣٤١) ان الحرارة تؤثّر في الاجسام تأثيرين احدهما انها ترفع درجة حرارتها والثاني انها تمدِّدها اي تكبر حجمها. فهذا الاخير يكون بانها تزيد حركة

دقائقها سرعةً فتبعدها بعضها عن بعض بعدًا اعظم مما كانت عليهِ ولذلك تشغل الدقائق حيزًا اعظم من الذي كانت تشغلهُ. واذا قلَّت حرارتها اقتربت من بعضها البعض وشغلت حيزًا اصغر. وعلى ما تقدَّم يقال ان الحرارة تمدّد الاجسام والبرد يقلّصها

(٢٤٦) تمدُّد الجوامد * يظهر تمدد الجوامد بالحرارة مما ياتي: خذ قضيبًا من الحديد ا ب (الشكل ٢٠٨) يدخل وهو على حرارتهِ الاعتيادية في س د ويدخل قطرهُ في الثقب ى . فاذا أُحمي يتمدَّد طولاً فلا يدخل في س د وثخنًا فلا يدخل في الثقب ى * وقد عرفوا من تمدُّد الجوامد طولاً وجرمًا انها تتمدَّد تمدُّدًا قياسيًا اي انهُ كلما ارتفعت درجة حرارتها ارتفاعًا معينًا ازداد تمددها ازديادًا معينًا ايضًا. غير ان مقدار تمدُّدها هذا متفاوت فالتوتيا تتمدَّد اكثر من الحديد والحديد اكثر من الزجاج

الشكل ٢٠٨

ولهذا التمدد قوَّةٌ لا تقاوَم فقد حسبوا انهُ اذا أُحمي قضيب حديد من درجة ذوبان الجليد الى درجة غليان الماء تمدَّد وضغط ما يلصقهُ ضغطًا يعادل ضغط ١٦٠٠٠ اقل من ثقلهِ ثم اذا برد تقلّص بتلك القوة عينها. وسبب ذلك واضح لان القوة التي يتمدد بها الجسم قيراطًا في الطول تعادل قوة تمطّهُ قيراطًا * وقد استخدِمت قوة التمدد والتقلص في كثير من الاعمال. من ذلك ان أُطُر الدواليب يركّبونها حامية عليها حتى انها متى بردت تتقلّص فتتشبّث بها تشبثًا متينًا. والمسامير التي يسمّرون بها خلاقين البخار يضعونها حامية حمراء حتى تتقلّص بعد ذلك وتربط اجزاء الخلاقين ربطًا شديدًا بعضها ببعض . ولما وقع الخلل في جدران دار الصناعة بباريس

فتباعد بعضها عن بعض ادخلوا فيها قضبانًا من الحديد واحموها فتمددت ثم شدُّوها باللوالب فلما بردت تقلصت فقصرت وردَّت الجدران الى استنامتها

وكما انهُ ينتفع بتمدد الاجسام كذلك يجب ان يحترَس من ضررهِ. ففي مدّ انابيب الماء تحت الارض يدخل طرف الانبوب الواحد في طرف الآخر يسيرًا حتى انها اذا تمدَّدا او تقلصا يجدان موضعًا لذلك. واذا غُمست اكواب الزجاج باردة في الماء الحارّ فقد تنفصم لانَّ سطوحها الخارجية تتمدد قبلما تتصل الحرارة الى سطوحها الداخلية فبتمدُّد تلك وبقاء هذه على ما هي ينكسر الزجاج . ولهذا السبب تنكسر زجاجة القنديل اذا رُشَّ عليها الماء البارد او مرَّ بها الهواء البارد حامية

واعلم ان الاجسام اذا بردت تقلصت ورجعت دقائقها الى اماكنها الاولى الاَّ الرصاص والتوتيا فانهما متى بردا لا يرجعان الى حجمها الاوَّل واذا لم يجدا محلاً ليتمدَّدا فيهِ يتجعدان ولذلك كثيرًا ما ترى بطانة الاوعية المبطنة بهما مجعَّدة

(٢٤٧) تمدُّد السائلات * تتمدَّد السائلات اكثر مما تتمدَّد الجوامد لان جاذبية الملاصقة فيها اضعف مما هي في الجوامد . غير ان تمددها ليس قياسيًّا فلا تتمدَّد بقدر ازدياد درجة الحرارة لانهُ اذا كانت حرارة سائل ٢٠٠° وحرارة آخر من نوعهِ ١٠٠° وزيدت حرارة كل منهما ١٠° يتمدَّد الثاني بالعشر الدرجات اقلَّ مما يتمدَّد الاوَّل . وكلَّما قربت حرارة السائل من درجة غليانهِ بعد تمدُّدهُ عن القياس * ويتفاوت التمدد في السائلات بحسب نوعها فاذا صبَّ في ا (الشكل ٢٠٩) ماء وفي ب زيت السمك وفي س الكحول الى علوٍّ واحدٍ وغمست كلها في الماء الغالي تمدَّد الكحول اكثر من الزيت والزيت اكثر من الماء * هذا ولا تتمدَّد الاجسام

س ب ا

الشكل ٢٠٩

بغير الحرارة الاَّ الماء فانهُ يتمدد بالحرارة ويتمدد بالبرد ايضًا وهذا يكون بعد

انحطاط حرارتهِ الى ٣٩° ف . فيتمدد من ثمَّ حتى يصير جليدًا على درجة ٣٢ ف

(٣٤٨) تمدُّد الغازات * تتمدَّد الغازات اكثر مما تتمدد السائلات والجوامد وتمدُّدها قياسيٌّ فانهُ كلما ارتفعت حرارتها درجةً زاد حجمها $\frac{١}{٤٩٠}$ منهُ كلهِ[١] فاذا كان غازٌ حجمهُ ٤٩٠ قيراطًا مكعبًا ودرجة حرارتهِ ٣٢° ف واحمي حتى تصير ٣٣° ف يصير حجمهُ ٤٩١ قيراطًا مكعبًا . ولتمدُّد الغازات اعتبار عظيم في الرياح وفي تنقية هواء المساكن كما سيجيء

(٣٤٩) الثقل النوعي للغازات * تقدم (عد ١٣٨) ان الثقل النوعي للهواء يجعل قياسًا للثقل النوعي لسائر الغازات . ولما كانت الغازات قابلة للتمدد والانضغاط كثيرًا كانت كثافتها كثيرة الاختلاف فاذا اردنا ان نستعلم ثقلها النوعي وجب ان نحوّلها دائمًا الى درجة معينة من الحرارة ومن الضغط . والمتفق عليهِ ان تكون الحرارة على درجة الجليد وان يكون الضغط مساويًا ٣٠ قيراطًا بالبارومتر . فيستعلم الثقل النوعي لكل غازٍ من الغازات باستعلام ثقل جرم معيَّن منهُ على درجة الجليد من الحرارة وتحت ٣٠ قيراطًا من الضغط ثم يستعلم ثقل جرمٍ يساويهِ من الهواء على تلك الحرارة وتحت ذلك الضغط . ويقسم ثقل الغاز على ثقل الهواء فالخارج الثقل النوعي لذلك الغاز . مثالهُ لو قيل ما الثقل النوعي لغاز الاكسجين لقيل فرّغ القارورة المرسومة في الشكل ٩٦ من الهواء واستعلم وزنها ثم املأها هواءً واستعلم وزنها واملأها اكسجينًا ايضًا واستعلم وزنها . واطرح وزنها من وزنها مع الهواء فيبقى لك وزن الهواء واطرح وزنها من وزنها مع الاكسجين فيبقى لك وزن الاكسجين . اقسمهُ على وزن الهواء فيخرج لك ثقل الاكسجين النوعي . الَّا انهُ لا يتيسر دائمًا استعلام الثقل النوعي على الدرجة المذكورة آنفًا من الحرارة والضغط . ولذلك يحوّلون اوزان

(١) ان هذا الحكم لا يصدق تمامًا اذا اردنا حقيقة الواقع ولكن اختلافهُ زهيد جدًّا لا يعبأ بهِ في العمل

الغازات بالحساب الى ما تكون عليهِ لو كانت الحرارة والضغط حسب المطلوب

(٣٥٠) الثِرْمُومِتْر * الحواسُّ البشرية قاصرة عن معرفة درجة حرارة الاجسام راساً ولذلك يستعان على معرفة هذه الحرارة بقياس تمديدها للاجسام . وتسمَّى الآلة التي تُعرَف بها حرارة الاجسام الثرمومتر اي مقياس الحرارة . ولما كان الاعتماد فيهِ على تمدُّد الاجسام كانت السائلات اصلح الاجسام لذلك لان الجوامد تتمدد قليلاً فيقاس بها اختلاف الحرارة اختلافاً عظيماً والغازات تتمدد كثيرًا فتصلح لقياس اختلاف الحرارة اختلافاً يسيرًا فقط فضلاً عن ان ضغط الهواء يؤَثر فيها كثيرًا . ولذلك يستعمل من السائلات الزئبق والكحول اما الزئبق فلان تمدُّدهُ قياسيٌّ ولا يغلي الاَّ اذا اشتدَّت الحرارة جدًّا واما الكحول فلانهُ لا يجمد ولو اشتدَّ البرد وجمد الزئبق . ويسمى الثرمومتر من الاوَّل الزئبقي ومن الثاني الكحولي . والاوَّل اكثر استعمالاً واما الثاني فيستعمل غالبًا في البرد حيث يخشى من جمود الزئبق

(٣٥١) الثِرْمُومتر الزئبقي * يتضح عمل هذا الثرمومتر مما ياتي : تؤْخذ انبوبة من الزجاج ا (الشكل ٢١٠) ذات بلبوس ب في احد طرفيها ويُحمَى بلبوسها هذا على قنديل كحوليّ حتى يتمدد الهواء فيهِ ويخرج بعضهُ من الانبوبة . ثم يُغمَس طرف الانبوبة الآخر في وعاء من الزجاج يحتوي ماء ملوناً س . فمتى برد البلبوس ب يتقلص

الشكل ٢١٠

الهواء فيهِ وفي الانبوبة فيصغر حجمهُ ويدخل جانب من الماء الى البلبوس ويشغل قسمًا منهُ . ثم يحمى البلبوس ثانيةً حتى يتحوَّل كلُّ ما فيهِ من الماء الى بخار ويغمس طرف الانبوبة اذ ذاك في الماء الملوَّن . فمتى برد البلبوس تقلَّص البخار فيهِ وصعد الماء وملأهُ هو والانبوبة معًا * وهكذا يُصنع للثرمومتر الزئبقي انبوبة شعريَّة ذات بلبوس وتملأ زئبقًا على ما تقدَّم . ولكن المعتاد انهم يضعون قمعًا في طرف الانبوبة ويصبون الزئبق فيهِ ويحمون البلبوس فيتمدد هواؤهُ ويصعد بعضهُ من خلايا الزئبق . ومتى برد البلبوس يتقلص الهواء فيهِ فينزل جانب من الزئبق الى البلبوس ويحلُّ محلَّ ما أفلت من الهواء . ثم يحمون البلبوس ثانيةً حتى يتمدد الزئبق الذي نزل اليهِ ويشغلهُ هو والانبوبة الى العلو المراد ويصهرون طرف الانبوبة ويسدونهُ ويتركون البلبوس حتى يبرد فيتقلص وينزل الزئبق اليهِ ويبقى ما فوقهُ من الانبوبة فارغًا. ثم يبتدئون بحزّ الدرجات على الانبوبة فيغمسون البلبوس في الجليد وهو يذوب فيتقلص الزئبق كثيرًا من البرد وحيثما استقرَّ وسموا علامةً على مساواة راسهِ . ثم يغمسون البلبوس في الماء وهو يغلي تحت ضغط جَلَد واحد فيتمدَّد الزئبق في الانبوبة من الحرارة وحيثما استقرَّ وسموا هناك علامة أُخرى .

وحينئذٍ اذا حُسِبت درجة الجليد ٣٢ ودرجة الماء الغالي ٢١٢ وقُسِم ما بينهما ١٨٠ قسمًا متساويًا فذلك هو ثرمومتر فارنهيت واستعمالهُ شائع في الولايات المتحدة وبلاد الانكليز. واذا حُسِبت درجة الجليد صفرًا ودرجة الماء الغالي ١٠٠ وقُسِم ما بينهما ١٠٠ قسم متساوٍ فذلك هو ثرمومتر سَنتِكراد اوسَلسِيوس واستعمالهُ شائع في فرنسا. واذا حُسِبت درجة الجليد صفرًا ودرجة الماء الغالي ٨٠ فذلك ثرمومتر رِيُومِير واستعمالهُ شائع في جرمانيا وروسيا . ترى صورة ثرمومتر فارنهيت وريومير معًا (الشكل ٢١١)

الشكل ٢١١

وللتمييز بين هذه الثلاثة يكتب اوّل كل حرف من اسم كل ثرمومتر الى يسار درجاته فاذا كتبنا ٦٢° ف . و٢٥° س . و٢٢° ر . فالمراد ٦٢ درجة من فارنهيت و٢٥ درجة من سنتكراد و٢٢ درجة من ريومير . ويقسم الثرمومتر تحت درجات الجليد اقساماً متساوية ايضاً ويدلّ على ما تحت الصفر بعلامة الطرح عن يمين الارقام فاذا كتبنا —٣° ف . و—٣° س . و—٣° ر . فالمراد ٣ درجات فارنهيت تحت الصفر و٣ درجات سنتكراد تحت الصفر و٣درجات ريومير تحت الصفر . والصفر في هذين الاخيرين يدل على درجة الجليد واما في الاوّل فعلى ابرد منها باثنين وثلاثين درجة

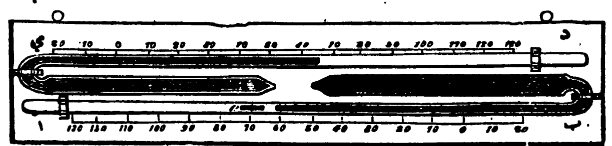
واذا اردنا تحويل ثرمومتر فارنهيت الى سنتكراد طرحنا منهُ ٣٢وضربنا الباقي في٥ وقسمنا الحاصل على٩ ويدلّ على ذلك بهذه العبارة (ف—٣٢) × $\frac{5}{9}$ = س . واذا اردنا تحويل سنتكراد الى فارنهيت ضربناهُ في ٩ وقسمنا الحاصل على٥ واضفنا ٣٢ الى الخارج ويدلّ على ذلك بهذه العبارة ($\frac{9}{5}$س+٣٢=ف.) واذا اردنا تحويل فارنهيت الى ريومير طرحنا منهُ ٣٢ وضربنا الباقي في ٤ وقسمناهُ على ٩ ويدلّ على ذلك بهذه العبارة (ف—٣٢) × $\frac{4}{9}$ = ر . واذا اردنا تحويل ريومير الى فارنهيت ضربناهُ في ٩ وقسمنا الحاصل على ٤ واضفنا ٣٢ الى الخارج ويدلّ على ذلك بهذه العبارة ($\frac{9}{4}$ر+٣٢=ف) واعلم ان الزئبق يجمد على — ٣٩° ف . ولذلك يستعمل الكحول عوضاً عنهُ للدلالة على الحرارة السافلة كما تقدَّم

(٢٥٣) ثرمومتر التفاوت * هو انبوبة ذات شعبتين قائمتين كما ترى في الشكل ٢١٢ فيملأ بعض الساقين وما بينهما سائلاً ملوَّناً كالحامض الكبريتيك المخفف ويُترك البلبوسان وما بقي من الساقين مملوَّة هواء . فان كانت الحرارة واحدة على البلبوسين بقي الحامض على علوٍّ واحد في الساقين والاَّ فاذا زادت على واحد دون الآخر تمدّد الهواء الذي في

الشكل ٢١٢

الاحرّ وطرد الحامض من الساق التي هو فيها الى الساق الأُخرى . وهذا يستعمل لقياس الفرق بين درجتي حرارة لسائلين او جسمين ولهذا سُمّي ثرمومتر التفاوُت

(٣٥٣) ثرمومترا الاعظم والاقلّ * اذا شئنا ان نعرف اعظم الحرارة التي تحدث في اليوم او اقلّها على اسهل سبيلٍ استعملنا ثرمومترًا يقيّد نفسهُ بنفسهِ . والشائع في الاستعمال الثرمومتر الزئبقي لمعرفة اعظم الحرارة والكحولي لمعرفة اقلها اما كيفية تقييد الثرمومتر نفسهُ فتتضح من الشكل ٣١٢ اب الاعظم فيهِ زئبقٌ وقضيبٌ دقيق من الفولاذ منفصول عن الزئبق بقليلٍ من الهواء . فاذا ارتفعت الحرارة مدّدت الزئبق فيسير في الانبوبة ويدفع القضيب امامهُ حتى يبلغ اعظم تمدّدهِ . واذا وطوّت الحرارة تقلّص الزئبق ورجع تاركًا القضيب مكانهُ فيستدلّ منهُ على الدرجة التي بلغت الحرارة اليها في ذلك اليوم



الشكل ٣١٢

ود ي الاقل فيهِ الكحول وقضيبٌ مجوّفٌ من الزجاج غير مفصول عنهُ. يُوضَع قضيب الزجاج بحيث يمسّ طرفهُ المتجه الى البلبوس راسَ عمود الكحول ثم اذا هبطت الحرارة تقلّص الكحول واجتذب القضيب (لما بينهما من جاذبية الالتصاق) راجعًا نحو البلبوس حتى يبلغ نهاية تقلّصهِ . فيستدلّ من القضيب على اقل الحرارة ذلك اليوم . واذا زادت الحرارة فمدّدت الكحول تجاوز القضيب ولم يحرّكهُ من مكانهِ كما ترى في الشكل

(٣٥٤) البيرُومتر * كما ان الزئبق لا يصلح لقياس الحرارة اذا كانت منخفضة جدًّا لانهُ يجمد فيعوّض عنهُ بالثرمومتر الكحولي كذلك لا يصلح لقياس الحرارة اذا ارتفعت جدًّا لانهُ يتحوّل الى بخار فيعوّض عنهُ بالبيرومتر . وهذا

البيرومتر على اشكال لا نتعرّض لتفصيلها اذ قد أُهملت لعدم ضبطها في الدلالة على الحرارة . ولكنّ المعوّل عليهِ الآن للاستعمال لهذه الغاية هو بيرومترات الغاز والبخار او بيرومترات الكهربائية المذكورة في المطوّلات

(٣٥٥) اسالة الاجسام * اي تحويلها الى سوائل بتأثير الحرارة فيها وهو يكون في الجوامد فيقال لهُ صهرٌ او تذويب وفي الغازات فيقال لهُ تسييل

(٣٥٦) صهر الجوامد * اذا زِيدت الحرارة على جامدٍ ارتفعت درجة حرارتهِ ارتفاعًا دائمًا حتى تصل الى الدرجة التي يذوب عندها فلا ترتفع بعد ذلك ولو زِيدت الحرارة عليهِ . لانّ ما يزيد من الحرارة على درجة الذوبان يصرَف في مقاومة جاذبية الملاصقة التي بين دقائق الجامد فيمددهُ اي يبعد دقائقهُ بعضها عن بعض حتى يُضعِف جاذبية الملاصقة ويحلّ الدقائق من قيودها حلًّا يسهل لها الحركة فتسيل كما يشاهد في تذويب الثلج والحديد ونحوهما * ولا يخفى ان حرارة كثيرة تختفي بالصهر لانّا اذا اردنا ان نذوّب ثلجة حرارتها ٣٢° ف الى ماء حرارتهُ ٣٢° ف اقتضى ان يختفي فيها ١٤٢° ف من الحرارة . فلا نحوّل اوقيةً من ذلك الثلج الى اوقية من هذا الماء ما لم نصرف عليها من الحرارة ما يرفع ١٤٢ اوقية من الماء من ٣٢° الى ٣٣° ف

واعلم ان بعض الاجسام كالورق والخشب والصوف وغيرها تنحلّ برفع

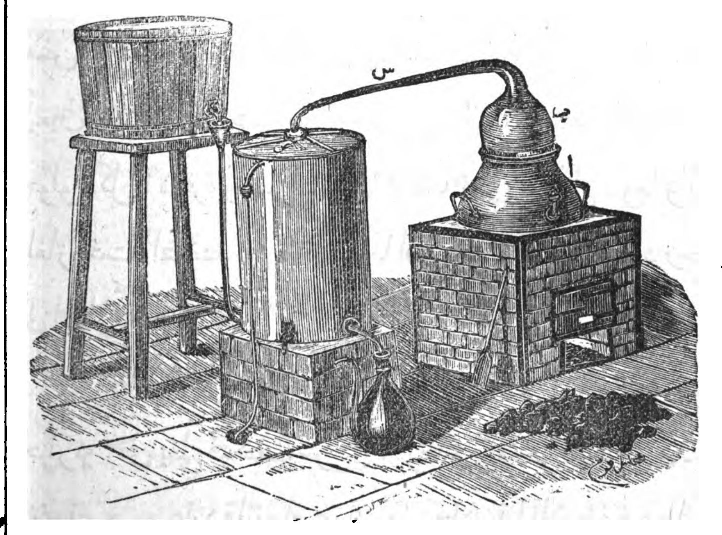
حرارتها ولا تذوب وبعضها يصهر تدريجًا فليس له درجة محدودة يصهر عندها كالزجاج والحديد فانهما يلينان شيئًا فشيئًا حتى ينتقلا من الجمود الى السهولة تدريجًا ولذلك تعتبر درجة ابتداء الليونة وتمام الصهر فيهما. ولما كانت جاذبية الملاصقة متفاوتة القوة في الاجسام فدرجة الصهر متفاوتة ايضًا فانها عالية في بعض الاجسام وسافلة في غيرها

(٣٥٧) تسييل الغازات * تتحوَّل الغازات الى سوائل بالبرد والضغط[1]. اما البرد فلانهُ اذا قلَّت الحرارة من الغاز ضعفت القوة الدافعة وقويت الجاذبة بين دقائقهِ فتقرّبها بعضها من بعض. واما الضغط فلانهُ يقرّب الدقائق بعضها من بعض فيعين الجاذبة على غلبة الدافعة. وبواسطة الضغط والبرد معًا حوّلوا كل الابخرة والغازات بلا استثناء الى سوائل. وما زال الغاز تحت الضغط بقي سائلاً واما اذا زال الضغط عنهُ فيرجع الى الغازيّة حالاً

(٣٥٨) البَخر * اذا احمينا السائل في قدرٍ ارتفعت درجة حرارتهِ حتى يغلي فتتكفّ عن الارتفاع. واما هو فلا يزال يتمدد حتى تصير سرعة دقائقهِ اقوى من جاذبية الملاصقة فيتطاير ويقال اذ ذاك ان القدر تبخرهُ. ولا تبخر غيرهُ مما يكون ذائبًا فيهِ من الجوامد فاذا بَخَرتَ ماءً ملحًا مثلاً صعد البخار عذبًا وبقي الملح فيهِ

(١) ان للالفة الكيماوية تعمل في الجسم ميلاً الى تحويل الابخرة التي في الهواء الى سوائل كالكلس الحيّ فانهُ يمتص بخار الهواء. وكذلك بعض انواع الماء الملح

وعلى ذلك يجري التقطير بالانبيق كما ترى في (الشكل ٢١٤) بوضع السائل في ا وهو وعاء من النحاس يستقرُّ على الكانون فيتحوَّل الى بخار ويجري من راس الانبيق ب في الانبوبة س الى انبوبة لولبية ص نازلة في حوض ملآن من الماء البارد . فيبرد هناك ويقطر في الكوز نقيًّا خالصًا من الشوائب والاكدار . ولكن الماء البارد الذي حولهُ في الحوض يسخن . ولذلك يُبدل بماء آخر بارد من حوض بجانب حوضهِ فيدخل البارد من اسفل الحوض ويخرج الحار من اعلاهُ كما في الشكل * كذا يقطَّر الماء ويستخرج العرق من عصير العنب والسوائل العطرة من الازهار



الشكل ٢١٤

(٣٥٩) درجة الغَلَيان * غليان السائل هو جيشان دقائقهِ بالحرارة . فاذا أُحمي الماء مثلاً علتهُ اولاً فقاقيع معبَّأَة هواءً من الهواء الذي كان فيهِ . ثم حدثت فيهِ فقاقيع معبَّأَة بخارًا منهُ

واستقرّت على قعر وعائهِ وجوانبهِ . ثم تعلو قليلاً حتى تبلغ ما لا يزال باردًا منهُ فيسحقها ويكثفها ومن انسحاقها يحصل الأزيز وهو صوت القدر المعهود. الاّ انهُ كلما زادت الحرارة على الماء عَلَت هذه الفقاقيع البخارية فيهِ حتى تبلغ سطحهُ فتنفقع عليهِ وتخرج بخارها الى الهواء وهذا هو غليان الماء * ودرجة الغليان هي الحرارة التي يغلي السائل عليها وهي متفاوتة باختلاف الاجسام. فمن الاجسام ما يتحوّل الى بخار على درجة معتدلة من الحرارة فتكون درجة غليانهِ معتدلة ومنها ما لا يذوب الاّ على درجة عالية جدًّا فتكون درجة غليانهِ عالية جدًّا. ومنها ما يتحوّل الى بخار على درجة سافلة جدًّا كغازات الهواء

(٣٦٠) درجة غليان الماء * تتوقّف درجة غليان الماء على ثلاثة امور وهي: اولاً. نقاوة الماء . فان كل ما يزيد جاذبية الملاصقة بين دقائق الماء يرفع درجة غليانهِ ولذلك تكون درجة غليان الماء الملح ارفع من درجة غليان الماء العذب اذ الملح يزيد قوة الملاصقة بين دقائق الماء . وتكون درجة غليان الماء الممزوج بالهواء اسفل من درجة غليان الماء الخالص منهُ اذ الهواء يُضعِف قوة الملاصقة بين دقائقهِ فاذا خلص الماء من الهواء لم يغلِ الاّ على ٢٧٥° ف. فيتحوّل حينئذٍ الى بخار بفقعٍ شديد

وثانيًا . طبيعة الوعاء . فان درجة غليان الماء في الحديد مثلاً اسفل مما هي في الزجاج . وتزيد في الزجاج ارتفاعًا اذا نظّف بالحامض الكبريتيك والبوتاسا. والظاهر ان سبب ذلك جاذبية الالتصاق بين الماء والوعاء الذي يحويهِ فاذا كانت شديدة ارتفعت درجة الغليان والعكس بالعكس

وثالثًا . الضغط . فان كل ما يضغط وجه الماء يقرّب دقائقهُ بعضها من بعض فيعيق الحرارة عن تفريقها . ولما كان ضغط الهواء على قمم الجبال اقلّ مما على سفوحها كانت درجة الغليان على القمم اسفل مما على السفوح. وعليهِ وُجدت درجة غليان الماء ١٨٤°ف على ارتفاع ١٥٨٠٠ قدم في الجبل الابيض واكثر من ٢١٢°ف في قعر بعض المعادن العميقة . ولذلك يعسر الطبخ بالماء من انحطاط درجة غليانهِ على القمم الشامخة . وكلما قلّ ارتفاع الجبال ارتفعت درجة الغليان وصحّ الطبخ . وهذا الارتفاع بالهبوط او الهبوط بالارتفاع يجري على قياسٍ وهو درجة واحدة في كل ٥٩٦ قدمًا من الارتفاع فيمكن استخراج اعالي الجبال من درجة غليان الماء عليها استخراجًا تقريبيًّا

ويظهر ارتفاع درجة الغليان بالضغط مما يأتي : املأ زجاجةً ماء الى نصفها (الشكل ٢١٥) واغلها مدَّة على النار ثم سدَّها حالاً واقلبها فيكفُّ الماء عن الغليان لان البخار الذي تحوَّل عنهُ يضغطهُ فيمنعهُ من الجيشان . ثم غطّ اسفنجةً في الماء البارد واعصرها على الزجاجة فيعود الماء الى الغليان بعد سكونهِ لانَّ الماء البارد يكثّف البخار فيسيلهُ فيرجع البخار ماء ويزول ضغطهُ فيعود الغليان الى ان يتحوَّل بعض الماء الى بخار يكفي ضغطهُ لتوقيف الماء عن الغلي . ثم يعود البخار ماء اذا عصر ماء بارد على الزجاجة للسبب المتقدّم . ولا يزال الغليان يجري وينقطع حتى تصير حرارة الماء اقلّ من حرارة الدم قليلاً فيبطل كليًّا * واذا كانت سدادة الزجاجة محكمة تمنع الهواء



الشكل ٢١٥

من الدخول اليها فكلما اصاب الماء جوانبها صلصل صلصلة المعادن لانهُ لا يوجد هواء يضعف صوتهُ. ويتضح ما نحن بصدده من المطرقة المائية وهي عبارة عن انبوبة من الزجاج تملأ ماء الى نصفها ثم تحمى حتى يتحوَّل بعض مائها الى بخار ويحل محلَّ الهواء فيها وتصهر من فمها وتسدُّ سدًّا تامًّا. فمتى برد البخار فيها سال وبقي محلهُ فارغًا فينزل الماء فيها من طرف الى طرف كالرصاص. واذا أُمِست حينئذٍ تحوَّل بعض مائها الى بخار بحرارة اليد

(٣٦١) حرارة بخار الماء الغالي * ان الماء لا ترتفع حرارتهُ عن درجة الغليان مهما زادت عليهِ الحرارة ما لم يحصر بخارهُ كما سيأتي. لانهُ متى بلغ درجة الغليان كفَّت الحرارة عن رفع درجتهِ وصرفت على تمديدهِ وتكبير حجمهِ ولذلك تجد حرارة البخار الصاعد عن الماء الغالي مثل حرارة مائهِ والحال ان فيهِ ٩٧٢°ف من الحرارة زيادة عما في الماء الغالي. وهذه الحرارة الزائدة تختفي في البخار وتمددهُ وتكبر حجمهُ فتصيِّر القيراط المكعَّب من الماء ١٧٠٠ قيراط مكعَّب من البخار. فاذا رجع هذا البخار الى السيولة ظهرت كل الحرارة المختفية فيهِ. وعليهِ يستعملون البخار لاحماء البيوت ونحوها بارسالهِ اليها في انابيب يتكاثف فيها ويسيل * وبخار الماء الغالي شفَّاف لا يُرَى كما يتضح من النظر اليهِ عند اوَّل خروجهِ من بلبل الابريق. وانما يرى بعيد ذلك عند ما يبرد فيتكاثف ويصير نقطًا صغيرة تعوم في البخار الحقيقي

(٣٦٢) التبخير والاسباب المعجِّلة لهُ * ذكرنا من تغييرات الحرارة للاجسام التمدد واسالة الاجسام والبخر فبقي علينا ان نذكر التبخير ومعنى التبخير هنا غير البَخْر وهو ان يتكوَّن البخار تكوُّنًا بطيئًا ليس على درجة الغليان كالبخر بل على كل درجةٍ من درجات الحرارة الاعتيادية كما يشاهد في جفاف ماء البُرَك

والثياب المنشورة في الهواء وجفاف العرق عن الجسد وما شاكل ذلك. فان الماء يتبخر في الفضاء ولو كانت الحرارة على درجة الجليد والثياب تنشف ولو اشتد البرد ولا سيما اذا هبت عليها الريح فأبدلت الهواء الرطب المباشر لها بهواء أجف منه وأخف فيتشرب كثيرًا من مائها . واذا اتسع السطح المعرَّض للحرارة كثر تبخيرهُ لما فيهِ من السائل ولو كانت الحرارة لطيفة. وعلى ذلك يستخلصون من السوائل الجوامدَ الذائبة فيها بتقليل السائل وبسطهِ على سطح متسع . ألا ترى ان الذين يستخرجون الملح من الماء الملح يصبون مقدارًا من الماء على سطح متسع فلا يمضي زمان طويل حتى يجف الماء ويبقى الملح

ولا يخفى انهُ كلما زادت الحرارة على السائل عجلت تبخيرهُ كما هو واضح . ويستعجل تبخير السائل ايضًا اذا تجدَّد الهواء عليهِ لانهُ اذا كثر البخار فيهِ لم يعد يسع بخارًا كالهواء القليل البخار . فاذا بقي الهواء الممتلئ رطوبةً على السائل منعهُ من التبخير واما اذا بدِل بهواء اجف منهُ فيبقى التبخير جاريًا على حالهِ او يزيد . ويستعجل التبخير ايضًا اذا قلَّ الضغط عن السائل كما يستفاد من (عدد ٣٥٩) ولذلك اذا خفَّ الهواء لسبب من الاسباب استعجل التبخير. وهذا الحكم جارٍ في الصنائع فانهم اذا شاءوا تجميد الحليب او تركيز شراب السكر (اي تبخير بعض مائهِ) وضعوهُ في اوعية وفرَّغوا الهواء عنها فيسرع تبخير الشراب لما فيهِ من الماء على حرارة سافلة لا يخشى ان تحرقهُ

(٣٦٣) التبريد بالتبخير * اذا تحوَّل السائل الى بخار اختفى جانب من حرارتهِ في ذلك البخار (عد ٣٤٣) فتهبط حرارة السائل . وعلى ذلك يشعر

الانسان بالبرد بعد تحوُّل عرقهِ الى بخار . ويبرد الماء في الاباريق اذا هبَّت عليها ريح شرقيَّة جافَّة حارَّة وحوَّلت كثيرًا من مائها الى بخار . وتبرد الازقة صيفًا اذا رُشَّت بالماء وبخَّرتهُ . وتجمد السوائل اذا بُخّرت كما يأتي : تملأ صحفة صغيرة ا (الشكل ٢١٦) ماء مثلاً وتوضع على وعاء أَرْوَح اي قريب القعر ب مملوء من الحامض الكبريتيك وموضوع على صفيحة مفرّغة الهواء . ثم تقلب القابلة عليها ويُفرَّغ الهواء منها . فيرتفع ضغطهُ عن الماء فيبخر الماء بعجلةٍ (عد ٢٦٣) حتى يضغطهُ البخار الصاعد منهُ كما كان يضغطهُ الهواء . ثم ان الحامض الكبريتيك يمتصُّ البخار بما فيهِ من الشراهة اليهِ فيرتفع ضغطهُ عن الماء ويبخر الماء ثانيةً بخارًا يمتصهُ ايضًا الحامض الكبريتيك . وبهذا التبخير يبرد الماء حتى يجمد . كما يصنع الثلج في بعض الاماكن. وقد مزجوا سائل اكسيد النيتروس بسائل بي كبريتيد الكربون وفرّغوا الهواء عنها فبخّرا وهبطت حرارتهما بالتبخير الى —٢٢°ف . وهذه اسفل حرارةٍ يستخدمونها لقضاء الحاجات(١)

الشكل ٢١٦

(٣٦٤) الحالة الكروية * اذا قُطِرت قطراتٌ قليلة من الماء في كأْس مُعدنية محماةٍ الى الحمرة صارت كرة مستديرة وتراقصت في الكاس ولم يصغر حجمها الاَّ قليلاً . وسبب ذلك ان جانبًا منها يتحوَّل الى بخار فيفصل بينها وبين سطح الكاس والهواء يحول بملامستهِ لسطح الكاس فيجري في مجارٍ تحملها فتتراقص كما ذكرنا. واذا بردت الكاس قليلاً فقدت النقط كرويتها ومسَّت سطح الكاس راسًا فتتحوَّل الى بخار وتنفقع فقعًا لطيفًا

وعلى ما تقدَّم يمكن للانسان ان يمسّ سطحًا مستويًا من الحديد الحامي ولا

(١) لما سيلوا الاكسجين والنتروجين والهيدروجين وباقي الغازات الثابتة سنة ١٨٧٧ فبعد رجوعها بغتة الى الغازية هبطت درجة الحرارة الى —٥٠٨°ف على ما قدَّر بعض العلماء

يحترق اذا بلل كفه لان الماء يتكيف بالكيفية المذكورة فيقي الكف من ألم الحرّ وعليهِ ايضًا قد يغطّ صابو الحديد ايديهم مرطبة في الحديد المصهور ولا يُلذعون ولعلّ الذي يروَى انهم كانوا يمشون على السكك المحماة الى الحمرة ولا يتأذّون كانوا يبلّون اقدامهم كما ذُكر

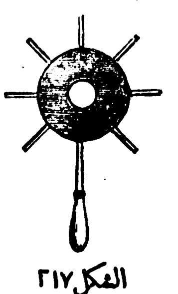
الفصل الثالث

في ايصال الحرارة

(٢٦٥) نقل الحرارة * حيثما وُجِدَت الحرارة طلبت الانتقال الى ما حولها من الاجسام على التساوي بطريقة من ثلاث طرُق وهي النقل والحمل والاشعاع. فالنقل هو انتقال الحرارة من دقيقة الى دقيقةٍ من دقائق الجسم . مثالهُ : ضع راس الملقط في النار وابقِ يدك على مقبضهِ فتشعر بحموّهِ بعد قليل لانّ حرارة النار تنتقل على الملقط من دقيقةٍ الى دقيقة حتى تنتهي من راسهِ الى مقبضهِ

وبين الاجسام تفاوت من حيث نقلها للحرارة فالتي تنقلها جيدًا تسمّى موصلاتٍ جيدة للحرارة والتي لا تنقلها جيدًا تسمى موصلاتٍ رديئة . ونعرف جودة ايصال الجوامد ورداءتها كما ياتي : يصنع قرصٌ مستدير من النحاس

الاصفر (الشكل ٢١٧) ويثقب حرفهُ ثقوبًا متعددة ويُدخَل في ثقوبهِ قضبان ذات مقدارٍ واحدٍ وطولٍ واحدٍ من معادن مختلفة ويُحفَر في طرف كلٍّ منها حفرة توضع فيها قطعة من الفصفور. ثم يحمى القرص فالذي تشتعل فيهِ قطعةُ الفصفور اولاً من القضبان يكون اجودها ايصالاً للحرارة والذي تشتعل فيهِ قطعة الفصفور ثانيًا يتلوهُ في الجودة وهلمَّ جرًّا . كذا عُلم ان المعادنَ اجود الموصلات ثم الرخام فالصيني فالقرميد فالخشب (ولا سيما على عرض الياف) فالزجاج

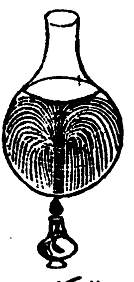


الشكل ٢١٧

ويتلو الجوامدَ في جودة الايصال السوائلُ فاذا احمينا الماءَ بتدبيرٍ على لهيب القنديل الكحولي غلى ما يكون منهُ قرب اللهيب وبقي اعلاهُ باردًا لانهُ موصلٌ رديءٌ . ويتلو السوائلَ الغازاتُ فانها اردأ الموصلات . وما اتّسعت مسامهُ كالصوف والفرو والثلج والفحم ونحوها فهو موصل رديءٌ لان الهواء يشغل مسامهُ والهواء غازٌ رديءُ الايصال . ولذلك يبنون للثالج جدرانًا مزدوجة ويملأون ما بينها فحمًا او نشارة او جسمًا آخر مما لا يوصل الحرارة جيدًا فلا يذوب ثلجها . ولقلة ايصال الهواء يمكن للانسان ان يدخل فرنًا حاميًا جدًّا واذا وضع فيهِ لحمٌ او بيضٌ على رف معدنيّ نضجا من شدَّة الحرّ ولكنهُ لا يشعر بألمٍ ما دام بعيدًا عن الموصلات الجيّدة.

وعلى ما تقدَّم يلفُّ الثلج بالصوف او يطمر بالتبن لكي لا يذوب . ويستحسن لبس الكتان صيفًا والصوف شتاء لان الكتان موصل جيّد فينقل حرارة الجسد ويبرّدهُ والصوف موصل رديءٌ فلا ينقل حرارة الجسد ولذلك يدفئهُ . واذا وُضِعت بلاطة على بساط في محلٍّ ما كانت ابرد من البساط لانها اجود منها ايصالاً. واذا لمسنا جسمًا ابرد سلب حرارتنا فنقول انهُ بارد واذا لمسنا جسمًا احرَّ منا سلبنا حرارتهُ فنقول انهُ حارّ . فاعتبارنا لحرارة الاجسام وبرودتها متوقف على جودتها ورداءتها في الايصال

(٢٦٦) حَمْلُ الحرارة * الحمل انتقال الحرارة على الاجسام بواسطة دوران دقائقها وهو إمّا في السائلات او في الغازات ولا يكون في الجوامد


الشكل ٢١٨

اما في السائلات فيتضح مما ياتي : ضع مسحوق الكهرباء في وعاء فيهِ ماء بارد فيعوم فيهِ لان ثقلهُ النوعي كثقل الماء النوعي . ثم اذا وُضع الوعاء على لهيب القنديل الكحولي تمدّد الماء الاقرب الى اللهيب وخفّ فيصعد ويهبط ماء ابرد واثقل منهُ الى مكانهِ وهذا يتمدد ويخفّ وهلمّ جرًّا فتُحمَل الحرارة من اسفل الماء الى اعلاهُ بدوران دقائقهِ السخنة جارية من الاسفل الى الاعلى والباردة من الاعلى الى الاسفل كما ترى في الشكل ٢١٨

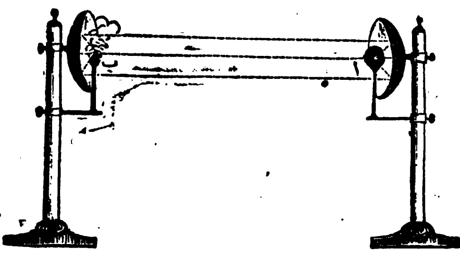
واما في الغازات فيتضح مما ياتي : افتح باب غرفةٍ دافئة بعض الفتح وضع شمعة متقدة في اعلاهُ فينحرف لهيبها الى الخارج لان هواء الغرفة حارٌّ فتصعد دقائقهُ كما تصعد دقائق الماء الحارّ وتخرج من اعلى الباب فيجرف مجراها لهيب الشمعة الى الخارج. ثم ضع الشمعة في اسفل الباب فينحرف لهيبها الى الداخل لان هواء الخارج ابرد واثقل من هواء الغرفة فتجري دقائقهُ الى الغرفة من الاسفل وتجرف مجراها لهيب الشمعة * وعلى هذا المبدإ يتجدّد هواء الغرفة. وتضرم النار في الوجاقات . فان هواء الغرفة البارد يدخل الوجاق من بابهِ فيشعل نارهُ ثم يسخن فيتمدّد ويحمل الدخان ويصعد بهِ من انابيب الوجاق * وعلى مبدإ حمل الحرارة تحدث تيّارات الماء وتهب رياح الجلد كما سيجيء

(٢٦٧) اشعاع الحرارة * الاشعاع ايصال الحرارة بسير شعاعها في خطوط مستقيمة . فاذا وقفنا بجانب النار شعرنا بحرارتها لانها توصل حرارتها الينا في شعاع مستقيمة كما ترسل

نورها الينا كذلك . وعلى هذا المنوال توصل الشمس حرارتها الى الارض

وما دامت الحرارة مارّة في اوساط لا تمنعها من المرور فيها لا توصل اليها شيئًا من حرّها واما اذا وقعت على معارض يصدّ امواجها عن المرور فيهِ فتوصل حرها اليهِ وتحميهِ. ولذلك تنفذ حرارة الشمس الفضاء ولا تحميهِ وينضج اللحم باشعاع الحرارة تحتهُ ولو كان الهواء حولهُ على درجة الجليد * ولا يقتصر اشعاع الحرارة على الاجسام النيّرة كالشمس والنار بل يعمّ كل الاجسام فالابريق الملآن ماء سخنًا يشعُّ حرارةً الى كل الجهات والملآن ماء باردًا يشعُّ حرارة ايضًا ولكن اقلّ ممّا يشعُّ ذاك. وكلما ابعدت اشعّة الحرارة عن الجسم الذي يشعّها قلّت كثافتها كمربّع بعدها عنهُ فاذا ابعدت ذراعين صارت كثافتها رُبْع ما كانت عليهِ على بعد ذراع واحدة فقط كما مرّ في النور (عد ٢٥٣)

(٣٦٨) انعكاس الحرارة * اذا أُشعّت الحرارة من جسم الى آخر انقسمت عادةً الى قسمين احدهما يدخل الجسم فيُمتَصّ بهِ ويرفع درجة حرارتهِ او ينفذهُ والآخر ينعكس عنهُ كما ينعكس



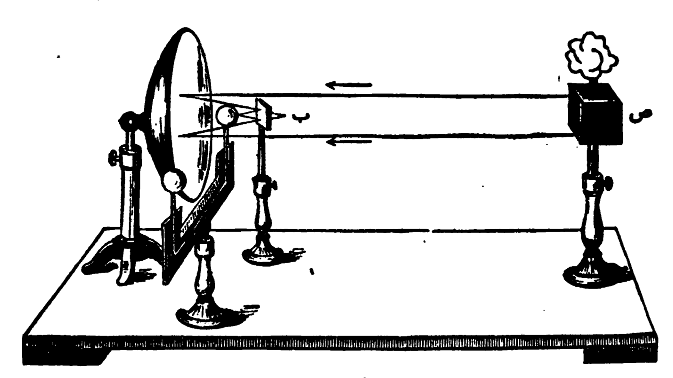
الشكل ٢١٩

الجسم المرن عن الحائط . وهذا الانعكاس يجري على ناموس

انعكاس النور اعني ان زاوية الوقوع تعدل زاوية الانعكاس (عد ٢٥٦)

ولبيان ذلك ضع مرآتين مقعّرتين الواحدة قبال الاخرى (الشكل ٢١٩) وعلى بعد عشر اذرع منها وضع جسمًا حاميًا ا في البؤرة الرئيسة لاحداهما وجسمًا سريع الاشتعال كالبارود ب في البؤرة الرئيسة للأخرى. فيشتعل البارود لان الجسم الحامي اشعّ حرارته الى كل الجهات فانعكس بعضها متوازيًا عن المرآة القريبة منهُ (عد ٢٦٤) ثم انعكس عن المرآة القريبة من ب وتجمّع على ب فاشعلهُ. ولو لم تكن الزاوية التي انعكست عليها الحرارة عن المرآة الثانية مساويةً للزاوية التي انعكست عليها عن المرآة الأولى لم تجتمع في البؤرة الرئيسة للمرآة الثانية ولم تشعل البارود. وقد مرّ الكلام في النور عن كل ما يلزم ذكرهُ في انعكاس الحرارة فلا حاجة الى اعادتهِ هنا

(٢٦٩) قوة الاجسام على عكس الحرارة * بين الاجسام تفاوت في عكسها للحرارة فبعضها يعكسها اكثر مما يعكسها البعض



الشكل ٢٢٠

الآخر. وقد تقدَّم ان الحرارة التي تقع على الجسم تنعكس عنهُ وتمتصّ

بهِ اذا لم تنفذ منهُ فكل ما يعكسها كثيرًا يمتصّها قليلًا وكل ما يعكسها قليلًا يمتصها كثيرًا

وقد اوضح لسلي كيف تعرف كمية الحرارة المنعكسة عن الاجسام كما ياتي: ملأ مكعبًا من التنك ص (الشكل ٢٢٠) ماء غاليًا ووضعهُ امام مرآة مقعّرة بحيث اذا وقعت شعاع الحرارة منهُ على المرآة تنعكس الى بؤرتها ب. ثم وسّط بين المرآة وبؤرتها صفائح مربّعة من الورق والزجاج والحديد والنحاس وغيرهِ مما اراد ان يعرف قوّة عكسهِ للحرارة ووضعها بحيث ان كل واحدة منها تعكس اشعة الحرارة الى بؤرة أُخرى امامها. ووضع في هذه البؤرة احد بلبوسي ثرمومتر التفاوت فاستدلّ منهُ على درجة الحرارة المنعكسة عن كل صفيحة. فوجد ان صفائح النحاس الاصفر الصقيل تعكس الحرارة اكثر مما سواها وصفائح الفضة تعكسها $\frac{9}{10}$ عكس النحاس الاصفر والقصدير $\frac{8}{10}$ والزجاج $\frac{1}{10}$ والصفائح المدخنة او المبلّلة بالماء لا تعكس شيئًا بل تمتصّ الحرارة كلها

(٢٧٠) امتصاص الحرارة * اذا لم يعكس الجسم الحرارة ولم يمكّنها من النفوذ فيهِ يمتصها اي انهُ يبطل حركة امواجها. وبين الاجسام تفاوت في امتصاص الحرارة. وقد اوضح لسلي كيف يُعرَف مقدار امتصاص الجسم للحرارة كما اوضح كيف يعرف عكس الاجسام للحرارة (عد ٢٦٩). الّا انهُ وضع بلبوس ثرمومتر التفاوت في بؤرة المرآة ولبّسهُ الاجسام التي اراد ان يعرف مقدار امتصاصها فوجد انهُ اذا لبّسهُ هبابًا او رطّبهُ بالماء يرتفع الثرمومتر اعظم ارتفاعهِ واذا لبّسهُ ورق المعادن الرقيق ولاسيما ورق الفضة يهبط

اعظم هبوطهِ فحقق بذلك ان اجود الاجسام لعكس الحرارة اردأها لامتصاصها واردأها لعكس الحرارة اجودها لامتصاصها

(٢٧١) قوة الاجسام على اشعاع الحرارة * وقد اوضح لسلي المذكور كيف يعرف مقدار اشعاع الاجسام لحرارتهــا وذلك انهُ عرّى بلبوس الترمومتر (الشكل ٢٣٠) والبس اوجه المكعَّب ص بالاجسام المار ذكرها فكان يلبس وجهًا زجاجًا مثلاً ووجهًا آخر هبابًا وآخر ورقًا ابيض ويترك الرابع على ما هو. ثم ادار كل وجهٍ منها نحو المرآة ونظر الى الترمومتر امامها. فوجد كذلك ان الوجه الملبَّس الهباب يرفع الترمومتر اعظم الارتفاع ثم الملبس الورق ثم الزجاج ثم المعدن. وذلك يوافق قوة هذه الاجسام على امتصاص الحرارة فحقَّق انّ اصلح الاجسام لامتصاص الحرارة اصلحها ايضًا لاشعاع الحرارة اي لاخراجها منهُ. واثبت غيرهُ ان مقدار الاشعاع مناسبٌ لمقدار الامتصاص

(٢٧٢) الاسباب التي تؤثر في قوة الاجسام على الاشعاع والعكس والامتصاص * قلنا ان اشعاع الاجسام للحرارة مناسب لامتصاصها لها وان امتصاصها للحرارة معاكس لعكسها لها فكل ما يزيد الاشعاع والامتصاص يقلّل العكس وكل ما يزيد العكس يقلّل الاشعاع والامتصاص. وكما ان بعض الاجسام اصلح من غيرها للعكس وبعضها اصلح للاشعاع والامتصاص كذلك الجسم الواحد يكون احيانًا اصلح للاشعاع والامتصاص واحيانًا اصلح للعكس حسبما تكون حالتهُ من الصقالة والخشونة والكثافة وحسب ميل اشعة الحرارة الواقعة عليهِ وطبيعة مصدر الحرارة . اما الصقالة فلانها بقطع النظر عن باقي الصفات المذكورة تزيد عكس الحرارة وتقلّل اشعاعها وامتصاصها. واما الخشونة فلانها بقطع النظر عن الصفات المذكورة تعمل عكس عمل الصقالة اي تقلل عكس الحرارة . واما ميل الاشعة فلانهُ كلما قربت الاشعة الى العمودي زادت قوة الاجسام على الامتصاص . ولما كانت اشعة الشمس تقرب صيفًا الى العمودي في

وقوعها على الارض وتنحرف شتاء عنه كان الامتصاص في الصيف عظيمًا والحرّ شديدًا وكان الامتصاص في الشتاء قليلاً والحرّ ضعيفًا. واما كثافة الجسم المشع فلانهُ اذا أشعل غازٌ كغاز الهيدروجين كان اشعاعهُ ضعيفًا جدًّا لانهُ لطيف مع ان حرارتهُ شديدة ولذلك اذا وضعت فيهِ شريطةٌ من البلاتين فعند ما تصير بحرارتهِ تشع حرارة كثيرة. ولهذا السبب يشعُّ ضوء الزيت حرارة اعظم ما يشعُّ ضوء الهيدروجين مع ان ضوء الهيدروجين احرُّ من ضوء الزيت لان الزيت يحتوي كربونًا بزيادة مما لا يكمل احتراقهُ في اللهيب يحمى فيهِ الى الانارة. واما طبيعة مصدر النور فيظهر تأثيرها اذا لبّست صفيحةٌ رصاصًا ابيض وقُرّبت من قنديل ومن مكعب فيهِ ماء سخن حرارتهُ كحرارة القنديل فانها تمتصُّ من حرارة المكعب ضعفي ما تمتصهُ من حرارة القنديل . واما اذا لبّست هبابًا عوضًا عن الرصاص وقرّبت من القنديل والمكعب فتمتص مقدارًا واحدًا من حرارة المصدرين

(٣٧٢) فوائد الاشعاع والعكس والامتصاص* الاجسام البيضاء كالقطن والجوخ والصوف ونحوها من المواد النباتية والحيوانية تعكس اشعة الحرارة الواقعة عليها من جسم منير كالشمس اكثر مما تمتصها بخلاف الاجسام السوداء ولذلك يفضّل لبس الاردية البيضاء صيفًا. اذا أُريد ابقاء الماء سخنًا زمانًا يوضع في وعاء صقيل لامع من النحاس او نحوهِ لانهُ لا يشعُّ الاَّ قليلاً من حرارة الماء . ان الثلج يعكس الحرارة كثيرًا ويشعها ويمتصها قليلاً فاذا غطّى المزروعات وقاها من الصقيع واذا كان فيهِ فحم او حطب او جسم آخر اسود اللون ذاب (الثلج) سريعًا من حولهِ بالحرارة التي يمتصها ذاك الجسم الغريب . يجب ان تكون القدر سوداء خشنة من الخارج فيكثر امتصاصها للحرارة ويسخن ما فيها سريعًا . اذا كان العنب او غيرهُ بقرب حائط اسود اللون نضج باكرًا لان الحائط يمتص كثيرًا من الحرارة ويشعها اليهِ فيسخنهُ وينضجهُ بها . ان الزيوت والاجسام الدهنية تعكس الحرارة كثيرًا وتمتصها قليلاً . فيدّهن سكان الاصقاع

الشمالية لتحفظ حرارتهم عليهم فيدفأوا ويدّهن بها سكّان البلاد الحارّة لكي لا تمتصّ اجسادهم حرارةً من الخارج وتسخن فهي تقضي غرضين متضادَّين . وقس على ما ذُكِر ما لم يُذكَر

(٢٧٤) نفوذ الحرارة * ان النور ينفذ كلَّ جسم شفّاف ولو اختلفت مصادرهُ واما اشعّة الحرارة فلا تنفذ كل جسم شفّاف اذا اختلفت مصادرها فحرارة الشمس تنفذ كل الاجسام الشفافة كالنور واما الحرارة المشعّة عن جسم في الارض فسواء كانت منيرة او مظلمة لا تنفذ بعض الاجسام الشفّافة . وقد تقدَّم (عد ٢٢٤) ان الوسط الذي تنفذهُ الحرارة يقال لهُ دياثِرمي والذيّ لا تنفذهُ يقال لهُ أَثِرمي . والآن نقول ان الوسط الواحد قد يكون دياثرميًّا لحرارة آتية من مصدر واثرميًّا لحرارة آتية من مصدر آخر فالزجاج العديم اللون دياثرمي لحرارة الشمس فتنفذهُ كما ينفذهُ النور . واثرمي لحرارة النار وعلى الخصوص لحرارة مكعَّب لسلي (عد ٢٦٩) . والماء تنفذهُ حرارة الشمس يسيرًا ولا تنفذهُ حرارة مكعب لسلي

وعلى ذلك تنفذ حرارة الشمس الهواء والبخار المائي الذي فيهِ وزجاج النوافذ ثم تمتصها الارض وما عليها وتشعها امواجًا مغالة طويلة بطيئة فلا تستطيع والحالة هذه ان تنفذ بخار الماء في الهواء بل تُحبَس فيهِ لتدفأ بها المخلوقات الارضية . ولو زال البخار المائيّ من الهواء لكثر اشعاع الارض للحرارة واشتدّ زمهريرها حتى لم تعد تصلح لدوام حياة ما عليها من المخلوقات الحيّة . فان

الصحراء قد يحدث فيها الجليد ليلاً مع كل حرّها نهارًا لانها تشعّ حرارتها اشعاعًا مفرطًا بسبب جفاف هوائها وهذا الاشعاع التابع لجفاف الهواء سببٌ من اسباب البرد على الاعالي العظيمة والجبال الشامخة

الفصل الرابع

في الآلة البخارية

(٣٧٥) قوة مرونة البخار المائي * البخار المائيّ جسمٌ مرنٌ فاذا بخرهُ الماء الغالي من وعاء مكشوف كانت قوّة مرونتهِ مساوية لضغط الهواء اي ١٥ ليبرا على القيراط المربّع (عد ١٦٥). واما اذا سُدَّ الوعاء فانحصر فيهِ البخار ولم يتيسّر لهُ ان يتمدَّد بارتفاع درجة الحرارة في مائهِ فتزيد مرونتهُ جدًّا على نسبة اعظم من نسبة ارتفاع الحرارة

لانهُ اذا ارتفعت درجة الحرارة من ٢١٢°ف الى ٢٥١°ف فقط زادت قوة المرونة في البخار مما يساوي جَلَدًا واحدًا الى ما يساوي جَلَدَين. واذا ارتفعت الحرارة الى ٢٧٥° فقط ساوت قوّة مرونتهِ ثلاثة اجلاد. واذا ارتفعت الحرارة الى ٣٠٧° ساوت قوة مرونتهِ خمسة اجلاد. واذا ارتفعت الحرارة الى ٣٥٩° ساوت قوة المرونة عشرة اجلاد. واذا ارتفعت الحرارة الى ٣٩٢° ساوت

قوة المرونة خمسة عشر جلدًا . واذا ارتفعت الحرارة الى ٤١٨° ساوت قوة المرونة عشرين جلدًا وهلمّ جرًّا . فيكون مقدار زيادة الحرارة اقلّ جدًّا من مقدار زيادة قوة المرونة

ولذلك اذا انحصر البخار وزيدت الحرارة ازدادت قوّة مرونتهِ ازديادًا عظيمًا فيضغط جدران الاناء المحصور فيهِ حتى يشقّقها ويمزّقها كلّ ممزّقٍ اذا لم يجد منها منفذًا . وعلى قوة مرونة البخار هذه مدار الآلة البخارية كما سترى

(٣٧٦) الآلة البخاريّة * الآلة البخارية اسمٌ لكلِّ آلةٍ تُستعمل فيها قوّة مرونة البخار لتحريك الاجسام وقضاء الاعمال. وهي على صوَرٍ شتى لا ضابط لها ولكنّها لا تخلو من ان تكون عالية الضغط او سافلة الضغط . فالعالية الضغط هي التي تزيد قوّة مرونة البخار فيها عن ١٥ ليبرا للقيراط المربّع ويُفلِت البخار منها الى الهواء بعد استعمالهِ .

الشكل ٣٢١

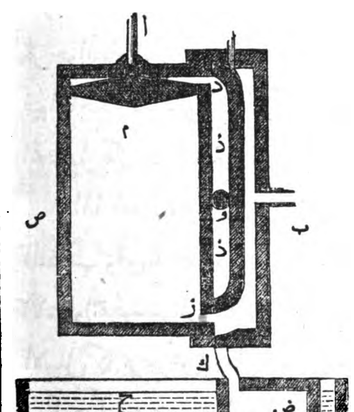
والسافلة الضغط هي التي لا تزيد قوة مرونة البخار فيها كثيرًا عن ١٥ ليبرا للقيراط المربّع عادةً ولا يفلت البخار منها الى الهواء بعد استعمالهِ بل يسيَّل في وعاءٍ بالماء البارد كما

سيأتي (عد ٣٧٨)

(٣٧٧) اسطوانة الآلة البخارية * الاجزاء الجوهرية التي لا بدّ منها في الآلة البخارية خلقين يُغلى الماء فيها ليتصاعد عنهُ البخار. واسطوانة يدخل اليها البخار. ومدكٌ يصعد وينزل في الاسطوانة باحكام بقوَّة مرونة البخار. ترى صورة الاسطوانة والمدك س في الشكل ٢٢١ فهذه الاسطوانة مثقوبة من جانب من جوانبها ثقبين احدهما في الاعلى والآخر في الاسفل. ومدكها س يصعد وينزل فيها باحكام تامّ. وهذه الحركة اي صعود المدك ونزولهُ هي كلّ ما يطلب الحصول عليهِ من الآلة البخارية ولذلك يقتضي ايضاح الحصول عليها بالتفصيل

اذا امعنت النظر في القضيب ه رأيتهُ منتهيًا من اسفلهِ بقوس. فهذا القضيب وقوسهُ يسمَّيان معًا المصراع المُزَحْلق لانهُ يتزَحْلق على جانب الاسطوانة فيسدُّ تارةً الثقب الاعلى كما ترى عن يمين الشكل وطورًا الثقب الاسفل كما ترى عن يسار الشكل. ثم لنفرض ان البخار تصاعد عن الخلقين مرنًا جدًّا وجرى في الانبوبة ب في جهة السهم فيدخل اولاً الى غرفة البخار وهي الغرفة التي فيها المصراع المزحلق. ولنفرض ايضًا ان المصراع المزحلق آخذ في الارتفاع بحيث يسدُّ الثقب الاعلى ويفتح الثقب الاسفل كما ترى عن يمين الشكل وان المدكّ في اسفل الاسطوانة. فالبخار يجري من غرفة البخار الى اسفل الاسطوانة من ثقبها الاسفل ولا يجري الى اعلى الاسطوانة لانَّ المصراع المزحلق يعترض بينهُ وبين ثقبها الاعلى. ولا يزال يتجمع في اسفل الاسطوانة تحت المدك حتى تصير قوة مرونتهِ كافيةً لرفعهِ فيرفعهُ. وقبلما يبلغ المدك اعلى الاسطوانة ينزل المصراع المزحلق فيسدُّ الثقب الاسفل ويفتح الثقب الاعلى. فيجري البخار حينئذٍ من غرفتهِ الى اعلى الاسطوانة من ثقبها الاعلى ويقتصر عن الثقب الاسفل لان المصراع المزحلق حائل بينهما. ولا يزال البخار يتجمع في اعلى الاسطوانة فوق المدك حتى تصير قوة مرونتهِ كافية لانزالهِ. فينزل المدك في الاسطوانة وتحتهُ

فراغ لان البخار الذي تحتهُ يخرج من الثقب الاسفل الذي دخل منهُ. ثم يرتفع المصراع المزحلق فيفتح الثقب الاسفل ويسد الثقب الاعلى فيدخل البخار الى اسفل الاسطوانة ويرفع المدك. فيرتفع المدك وفوقهُ فراغ لان البخار الذي فوقهُ يخرج من الثقب الاعلى الذي دخل منهُ . وعلى هذا الاسلوب يصعد المدك وينزل في الاسطوانة بقوة البخار فتحصل الحركة المطلوبة .



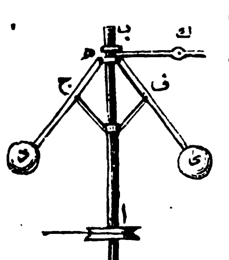
الشكل ٢٢٣

واما البخار الذي يخرج من الثقبين فيجتمع ضمن قوس المصراع المزحلق ويجري في انبوبةٍ من تجويف هناك الى حوض ماءٍ بارد حيث يتكاثف ويسيل[1] ويتضح لك هذا من الشكل ٢٢٣ ب انبوبة البخار وص الاسطوانة وم المدك وذ ذ المصراع المزحلق في غرفة البخار ود الثقب الاعلى في الاسطوانة وز الثقب الاسفل وو التجويف الذي يخرج البخار اليهِ وك الانبوبة التي يجري البخار فيها من التجويف وض حوض الماء البارد الذي يتكاثف البخار ويسيل فيهِ ويسمى الضاغط وح حوض آخر للماء البارد يحيط بالضاغط ليبقى ماؤهُ باردًا ولِيمدَّهُ بالماء البارد من الحنفية ل

(١) هذا يكون في الآلة السافلة الضغط واما الآلة العالية الضغط فالبخار يطرَد فيها من تحت المدك ومن فوقهِ الى الهواء . وبما انهُ يكون اتصال بين الهواء وبين البخار الذي تحت المدك والذي فوقهُ فالمدك لا يرتفع ولا ينخفض ما لم يقاوم ضغط الهواء (اي ١٥ ليبرا على القيراط المربع) فتكون قوة مرونة البخار الذي يرفع المدك او ينزلهُ في الآلة العالية الضغط اعظم من قوة البخار في الآلة السافلة الضغط بجلد واحد. ولذلك سميت عالية الضغط

(٣٧٨) الخلقين * واما الخلقين فتكون غالبًا اسطوانةً كبيرةً على اشكال متعدّدة حسب ما تستعمل لهُ والمعتاد في ما كان متقنًا منها ان تمتدَّ في داخلهِ انابيب تجري اليها حرارة النار ويصبُّ الماء حول هذه الانابيب فيتحوّل في الخلقين الى بخار تتزايد قوة مرونتهِ بانحصارهِ فيها و يجري منها في انبوبة البخار حتى يصل الى الاسطوانة كما تقدَّم. ويصبُّ الماء في الخلقين بطلمبا ترفعهُ من الضاغط بعد ان يسخن فيهِ. وان لم يكن لها ضاغط تصبُّ الطلمبا الماء فيها باردًا

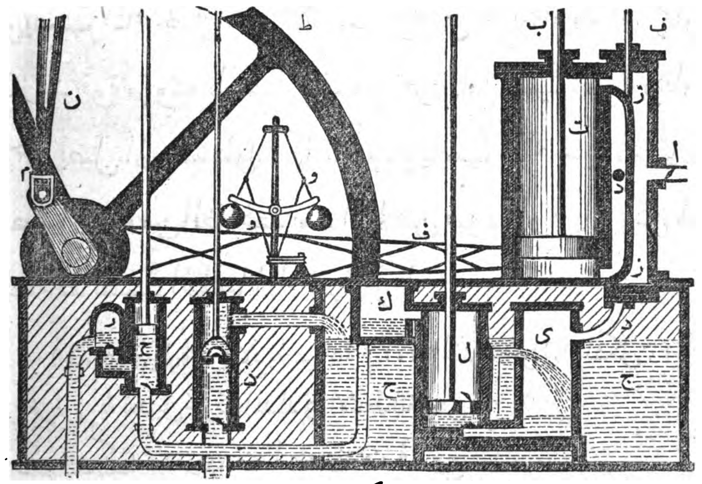
(٣٧٩) الوالي * من الادوات المهمة في الآلة البخارية الوالي (الشكل ٢٢٣) والغرض منهُ تعديل حركة المدك في الاسطوانة. وهو مركب من كرتين د و ي متصلتين بزندين ف وج وتدوران على المحور ا ب . وهذا المحور متّصل بمصراع في انبوبة البخار. فاذا كثر البخار الداخل الى اسطوانة المدك بحيث يحرّك المدك تحريكًا سريعًا اسرع دوران الكرتين ايضًا فتتباعدان بقوة التباعد عن المركز وتدير ان المصراع المذكور بحيث يحول دون دخول البخار فلا يمرُّ منهُ الّا مقدارًا كافيًا ولذلك تقلُّ السرعة عما كانت. واذا قلَّ البخار الداخل الى الاسطوانة قلّت سرعة المدك وسرعة دوران الكرتين في الوالي ايضًا فتديران المصراع بحيث ينفتح السبيل للبخار فيدخل منهُ الى الاسطوانة ما يكفي لجعل سرعة المدك بقدر المطلوب



الشكل ٢٢٣

فهذه اشهر اجزاء الآلة البخارية ويلحق بها اجزاء اخرى كثيرة لاغراض

شتى نذكرها ونبيّن كيفية استعمال حركة المدك لقضاء الاعمال في وصف الشكل الآتي : وهو صورة آلة بخارية سافلة الضغط. ا انبوبة البخار ترى فيها المصراع الذي يضيّق به الوالي مدخل البخار ويوسّعهُ. وزز المصراع المزحلق في انبوبة البخار. ود د الانبوبة التي تحمل البخار الخارج من الاسطوانة ت الى الضاغط ى



الشكل ٣٢٤

ول طلمبا تسحب الماء السخن من الضاغط ى وتصبهُ في حوض ك . وح طلمبا اخرى تسحب الماء السخن من ك وتصبهُ في ر فيجري من ر الى الخلقين . وج ج حوض الماء البارد المحيط بالضاغط والذي يمدّهُ بمائهِ. وذ طلمبا يسحب بها الماء البارد من البئر او نحوها ويصب في الحوض ج ج . وو الوالي وهو متصل بالمصراع في انبوبة البخار ف ليعدّل الحركة . ويوجد ايضاً توابع اخرى كمصاريع الأمن والعوّامة لم نتعرّض لذكرها . وكذلك لا محل لذكر التدبير لحركة قضيب المصراع المُزحلَق هنا

ويتصل قضيب المدك من اعلاهُ بجسر يقال لهُ جسر الحركة وهذا الجسر يرتكز فوق عمود من هنا في الآلة وعمود من هناك عند وسطهِ على محورٍ وطرفاهُ

يتحركان على ذلك المحور الى فوق والى اسفل على التوالي ولم يرسم في الشكل ويكون اتصال المدك به على شكل انهُ كلما صعد المدك ونزل يُحرِّك الجسر على محوره مرةً واحدةً اذ يرفع احد طرفيهِ وينزلهُ فينزل الاخر ويصعد . ويتصل بالجسر ايضاً قضبان الطلمبات الثلاث ل وذ وح فتتحرَّك بحركتهِ . ويتصل بهِ ايضاً دولاب الحركة ط بواسطة ن فيدور بدورانهِ . وفائدة هذا الدولاب الكبير انهُ كلما انقطع المدك عن الحركة بين صعودهِ ونزولهِ ونزولهِ وصعودهِ يبقى هو متحركاً باستمرارهِ فيتحرَّك جسر الحركة على الدوام . وتلفُّ حول جسر الحركة وحول دواليب آلاتٍ اخر سيور من الجلد فتوصل حركتهُ الى الدواليب والدواليب توصل حركتهُ الى دواليب أخرى اما راساً او بواسطة . فتتحرَّك بحركتهِ دواليب كثيرة لقضاء اغراض شتى

(٣٨٠) عمل الآلة البخارية وقوَّتها * ان مقدار العمل اي قوَّة العمل او زخمهُ في الالات البخارية هو مبلغ العمل المكمل في وقت مفروض والوقت المصطلح عليهِ غالبًا في العرف العام هو ثانية . ومقادير العمل تقاس بقوَّة حصان فيقال عن آلةٍ ما ان لهذه الآلة قوة حصانين مثلاً ويعنى بذلك ان قوَّتها التي تشد بها تساوي قوَّة حصانين . اما قوة الحصان المعتدلة فقد عيَّن لها الانكليز في اصطلاحهم ٥٥٠ ليبرا قدمية ومعنى الليبرا القدمية رفع الليبرا من الثقل قدمًا واحدةً في ثانيةٍ . واما في فرنسا فهي قوة رفع ٧٥ كيلوكرام مترًا واحدًا في ثانيةٍ وذلك يساوي ٥٤٢ ليبرا قدمية في الثانية اقل قليلاً من قوة حصان عند الانكليز فتكون قيمة الكيلو كرام المتري ٧،٢٣٣ ليبرا قدمية لان ٧،٢٣٣ × ٧٥ = ٥٤٢ تقريباً . فاذا اردنا ان نعرف قوة العمل الذي تعملهُ الآلة البخارية نضرب معدل ضغط البخار على المدك (اي بخار الخلفين متصلاً بخار الضاغط كما رأيت في الآلة) في مساحة المدك في علو الاسطوانة في عدة الدكات (مرورات المدك من طرف الى طرف في الاسطوانة) مدَّة وقت مفروض فالحاصل الاخير هو قوة الآلة في ذلك الوقت . لنفرض مثلاً ان آلة بخار تشتغل بضغط ١ ½ جلد والضغط في

الضاغط نصف جَلَد فالمعدل جَلَد واحد يعدل ١٤ ليبرا على كل قيراط مربع (عد ١٦٥) ولنفرض مساحة المدك ٥٠ قيراطًا مربعًا (القدم الانكليزية ١٢ قيراطًا ومربعها ١٤٤ قيراطًا مربعًا) وعدد الدكات المزدوجة ٦٠ في الدقيقة اي ١٢٠ دكة مفردة وطول الدكة ٢١ قيراطًا تكون قوة الآلة المذكورة اي زخمها يساوي ١٤×٥٠×٧٥ ×١٢٠=١٤٧٠٠٠٠ ليبرا قدمية في الدقيقة

ولكن الفعل الحقيقي للآلة المعوَّل عليهِ هو ٠٫٥ الى ٠٫٧ ما ينتج بعملية الحساب التي مرَّ تفصيلها فتخسر من قوَّتها ما بين ٠٫٥ الى ٠٫٣ بسبب الاحتكاك في الآلة الذي لابد منهُ وباسباب أُخر. ومعدل الخسارة ٠٫٤ والباقي من القوة نحو ٠٫٦ فتكون القوة الحقيقية في الآلة المتقدم ذكرها ٨٨٢٠٠٠ ليبرا قدمية في الدقيقة وذلك =١٤٧٠٠ ليبرا قدمية في الثانية او ٢¾ قوة حصان تقريبًا

(٢٨١) تاريخ الآلة البخارية * ان استعمال البخار لقضاء الاعمال قديم بحسب من ايام هيرو قبل المسيح ١٢٠ سنة * والمظنون ان بلاسكو الاسباني ساق بهِ سفينة محمولها ٢٠٠ طن ثلاثة اميال في الساعة سنة ١٥٤٣ وهي اوَّل سفينة بخارية . ثم تلاهُ غيرهُ ممَّن لهم دخل في اختراع الالة البخارية الى ان صنع سافاري آلة بخارية لرفع الماء على هذا المبدإ : يُجمَع البخار في وعاء ثم يصبُّ ماء باردٌ على خارج هذا الوعاء فيبرد البخار الذي فيهِ تاركًا موضعهُ فارغًا فيجري الى موضعهِ الماء المراد سحبهُ ويشغل ذلك الفراغ . ثم يدخل البخار ثانيةً الى الوعاء فيرفع الماء منهُ بقوَّة مرونتهِ ويرفعهُ الى مكان اعلى حسب المطلوب وهكذا يقال ان پاپن الفرنساوي كان اوَّل من استعمل المدك في الاسطوانة سنة ١٦٩٠ وانهُ صنع اسطوانة عمودية مسدودة من اسفلها ومفتوحة من اعلاها وانزل فيها مدكًّا وكان يدخل البخار اليها فيرفع المدك . ثم يقطع البخار عنها حتى تبرد ويتكاثف البخار الذي فيها ويهبط تحت المدك فينزل المدك وراءهُ بضغط الهواء لهُ

والمحقق انهُ في سنة ١٧٠٥ صنع نيوكُمِن وكَولي الانكليزيان آلة بخارية

لرفع الماء بواسطة مدكٍ يصعد وينزل في الاسطوانة كما في (الشكل ٢٢٥) : ا اتون توقد فيهِ النار تحت الخلقين خ فتبخر الخلقين بخارًا يصعد الى الاسطوانة س ويرفع المدك د فيرتفع الجانب و من الجسر المتصل بالمدك بسلسلة ويهبط الجانب وَ بالثقل ث ويهبط معهُ ع عصا الطلمبا المراد سحب الماء بهـا . ثم تسدّ الحنفيّة التي يمرّ البخار فيها من الخلقين خ الى الاسطوانة سَ وتفتح حنفية في الانبوبة العليا ب فيجري الماء البارد من الحوض الذي تتصل الانبوبة بهِ ويدخل الى الاسطوانة فيكثّف البخار الذي فيها ويسيّلهُ فينصبُّ هذا البخار الى الانبوبة السفلى ت وينزل المدك بضغط الهواء لهُ وبنزولهِ ترتفع عصا الطلمبا* ثم يكرّر ادخال البخار الى الاسطوانة لرفع المدك وادخال الماء البارد لتنزيلهِ كما تقدم وهلمَّ جرًّا . ولا يخفى ان ادخال الماء البارد الى الاسطوانة وراء البخار يبردها فيقتضي احماؤُها ثانيةً وقودًا زائدًا . ولذلك لما عُرِض تصليح هذه الآلة على جيمس وَطّ الانكليزي سنة ١٧٦٣ ورأى ما يقتضي لها من النفقة عكف على تصليحها وتحسينها وقضى خمسين سنة يغيّر فيها ويزيد حتى جاء بالآلة البخارية المستعملة الآن . ففتح للتمدن اوسع سبيل لان البخار لم يكن يستعمل قبل زمانهِ الاَّ لرفع الماء واما الان فاشهر مراكب البحر ومركبات البر واكثر الآلات تجري بالآلة التي اخترعها وعليها مدار الثروة ورفاهة المعيشة وتحسُّن الحضارة

الشكل ٢٢٥

فائدة * لسبب الاحتكاك وغيرهِ من الموانع لا يصفى من قوة البخار بالآلة البخارية الاَّ ٦٠ او ٧٠ جزءًا من كل ١٠٠ جزء اي تخسر نحو $\frac{٣٠}{١٠٠}$ او $\frac{٤٠}{١٠٠}$ من كل القوة

الفصل الخامس

في الظواهر الجويّة

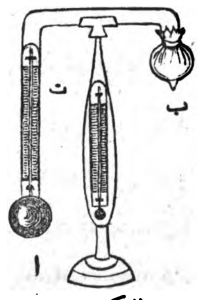
(٢٨٢) الظواهر الجويّة وتُعرَف بالمِتيورُولوجيا ايضًا فنٌّ يُبحَث فيهِ عما يحدث في الجوّ او في ما يتعلّق بهِ من حرٍّ وبردٍ وريحٍ ونوءٍ وغيمٍ ومطرٍ وثلجٍ وبَرَدٍ وظواهر النور والكهربائيّة الى غير ذلك . وهو فنٌّ يُرجَى منهُ النفع العظيم للملاحة والزراعة والاحتياطات الصحية فضلاً عن فوائدهِ العلميّة. وسنقتصر في هذا الفصل على بعض ما يتعلّق منهُ بالحرارة فقط

(٢٨٣) اشباع الرطوبة للهواء * ان البخار يتصاعد دائمًا عن الارض ومياهها بحرارة الشمس ويتخلل الهواء بقوة مرونتهِ ولذلك لا يخلو الهواء البتّة من الرطوبة لان الرطوبة هي بخار الماء عينهُ . الّا ان مقدار الرطوبة ينقص فيهِ ويزيد ولزيادتهِ هذه حدٌّ معيّن اذا بلغتهُ وقفت عندهُ لانّ قوّة مرونة الرطوبة تصير حينئذٍ كافية لمنع الماء من التحوّل الى بخار (عد ٢٦٣) فيقال ان الرطوبة قد أشبعت الهواء لانهُ لا يَسَعُ منها اكثر ممّا فيهِ

غير ان هذا الاشباع لا يكون المقدار اللازم لهُ من الرطوبة واحدًا على كل حال بل يتغيّر حسب تغيُّر حرارة الهواء . فاذا كان الهواء مشبعًا على ٧٥° ف

مثلاً وارتفعت تلك الدرجة الى ٨٠° لا يبقى مشبعًا بل يحتاج الى رطوبة اكثر مما فيهِ لاشباعهِ لانهُ يصير يسع منها اكثر مما فيهِ . واذا هبطت تلك الدرجة الى ٥٠ تزيد الرطوبة التي فيهِ كثيرًا عن اشباعهِ فينحصر الزائد منها ويقع مطرًا وبرَدًا وثلجًا ونحو ذلك . وعليهِ لا يحدث ندًى ولا مطر ولا ثلج ولا برَد ما لم تزد الرطوبة عن اشباع الهواء . وعليهِ ايضًا يقال ان هواء محلّ ارطب من هواء محلّ آخر ولو كانت كميّة الرطوبة المطلقة فيهِ اقلّ مما هي في الآخر لان رطوبتهُ تعتبر بالنسبة الى اشباعهِ واشباعهُ يتغيَّر بالنسبة الى درجة حرارتهِ . فالهواء الذي حرارتهُ ٥٠°ف يشبعهُ نصف الرطوبة التي تشبع هواء حرارتهُ ٧٥°ف . ولذلك اذا كان في البارد منهما ثُلْث الرطوبة التي في الحار يكون ارطب لانهُ اقرب منهُ الى الاشباع . ونسمّي هذه الرطوبة المنسوبة الى الاشباع الرطوبة النسبية تمييزًا لها عن الرطوبة المطلقة التي يعتبر فيها مقدار الرطوبة من حيث هو بقطع النظر عن الاشباع

(٣٨٤) الهيغرُومِتر . ودرجة الندى * الهيغرومتر آلة لقياس رطوبة الهواء النسبية (عد ٣٨٣) وهو على اشكال شتى . منها هيغرومتر دانيال وهو انبوبة منحنية (الشكل ٢٣٦) لها في طرفها الواحد بلبوس اسود ا وفي طرفها الآخر بلبوس عليهِ قطعة من المُصلينا ب وهي مركَّبة على عمود عليهِ ترمومتر . وفي ساق الانبوبة ت ترمومتر آخر يتزل بلبوسهُ الى ا . ويكون في ا ايثير الى نصفهِ او ثلثيهِ ويكون في ب وباقي الانبوبة بخارٌ من ذلك الايثير فقط . ثم ترطب قطعة المصلينا بقليل من الايثير فعند تحوُّلهِ الى بخار تبرد سريعًا (عد ٣٦٢) وتبرّد البلبوس ب . فيبرد بخار الايثير الذي داخلهُ ويسيل



الشكل ٢٣٦

وبذلك يرتفع ضغطهُ عن الايثير الذي في ا . فيتحوَّل بعض هذا الايثير الى بخار يتكاثف ايضًا في ب من البرد . وكلما تحوَّل بعضهُ الى بخار برد الباقي (لاختفاء

جانب من حرارتهِ في البخار) وبرّد البلبوس ا والبلبوس ا يبرّد الهواء المحيط بهِ ونقاس درجة التبريد هذه بالترمومتر الذي فيهِ. وبتكرار العمل على ما تقدَّم يبرد الهواء المحيط بالبلبوس ا حتى تصير الرطوبة التي فيهِ اكثر مما يلزم لاشباعهِ فيتحوَّل الزائد منها الى ماء يندّي السطح الخارجي من البلبوس ا حول الايثير الذي فيهِ . فتقرأ درجة حرارة هذا البلبوس حال ابتداء الندى عليهِ وهي درجة الندى اي الدرجة التي اذا هبطت الحرارة اليها حينئذٍ تشبعهُ الرطوبة التي فيهِ ويتحوَّل بعضها الى ندى . وتقرأ درجة حرارة الهواء حينئذٍ بالترمومتر الذي على العمود فيُعرَف الفرق بينها وبين درجة الندى. فكلما زاد الفرق بينها قلّت الرطوبة النسبيَّة وكلما قلّ الفرق بينها زادت الرطوبة النسبية

والشائع في الاستعمال الآن الهيغرومتر الرطب البلبوس وهو مصنوع على مبدإ ان الجسم الرطب يزيد تبخيرهُ في الهواء بقدر ما يزيد الهواء جفافًا . ولهُ جداول تستعلم بها منهُ درجة الندى والرطوبة النسبية والرطوبة المطلقة في قدم مكعبة من الهواء وقوة مرونة البخار

(٣٨٥) حرارة الهواء * اذا تغيَّرت كثافة الهواء تغيرت درجة حرارتهِ

فقد تقدَّم (عد ٢٢٨) ان الهواء اذا ضُغِط وتكاثف ارتفعت درجة حرارتهِ جدًّا حتى تحرق الصوفانة. ويظهر من مفرّغة الهواء عكس ذلك اي ان الهواء اذا تمدَّد فتلطف في القابلة هبطت درجة حرارتهِ وتحوَّلت الرطوبة التي فيهِ الى ضباب من البرد . ولذلك اذا سخن الهواء على سطح الارض وصعد الى الجو يتلطف فيبرد بسبب لطافتهِ ويتكاثف البخار الذي فيهِ من البرد فيتحوَّل الى غيم ومطر ونحوهما . وبسبب لطافة الهواء تنقص حرارتهُ كلما زاد الارتفاع ومعدَّل نقصانها درجة واحدة لكل ٣٠٠ قدم من الارتفاع . فاذا ارتفعت

الاماكن ارتفاعًا عظيمًا عن سطح الارض اشتدَّ البرد عليها واكتنفتها الثلوج ولو كان موقعها على خط الاستواء فان الثلج يدوم السنة كلها على ارتفاع خمسة عشر الف قدم عن سطح البحر في الاصقاع الاستوائية . ثم اذا هبَّت الريح من الاماكن المرتفعة الباردة الى البقاع المنخفضة الدافئة فربما لم تصل الى تلك البقاع الَّا وقد تكاثفت في نزولها تكاثفًا يرفع درجة حرارتها حتى لا تقتل ما هبَّت عليهِ من النبات والحيوان المتعودين الدفء والحرّ

(٣٨٦) الندى والصقيع * من الاجسام ما يشعُّ حرارتهُ ليلاً الى الجوّ فيبرد اكثر من الهواء ويبرّد الهواء الملامس لهُ الى درجة يسيل عندها بعض بخارهِ فينقطّ تلك الاجسام بالندى. ولما كان حدوث الندى متوقفًا على اشعاع الاجسام لحرارتها فكل جسم اصلح من غيرهِ للاشعاع وارداً للايصال يتكوَّن عليهِ الندى اكثر مما يتكوَّن على غيرهِ . ولذلك تُندَّي الاعشاب واوراق الاشجار اكثر مما يُندَّى التراب

وانسب الاوقات لحدوث الندى الليالي الصافية الجو اللطيفة النسيم الرطبة الهواء . لان الليالي الصافية الجو لا تعيق اشعاع الحرارة بخلاف الليالي الكثيرة الغيم . والنسيم اللطيف يبقي الهواء على الاجسام حتى يبرد وتنفصل رطوبتهُ عنهُ ثم يجري بهِ عنها ليتلوهُ غيرهُ اليها بخلاف الريح الشديدة فانها تخلط الهواء بعضهُ ببعض بحيث تتساوى الحرارة في كل اجزائهِ فلا يستقرُّ طويلاً على الاجسام ليبرد ولذلك لا ينفصل منهُ الَّا القليل من الرطوبة . والهواء الرطب تسيل رطوبتهُ اذا هبطت درجة حرارتهِ ولو قليلاً وذلك كثير الحدوث بخلاف الهواء القليل الرطوبة فانهُ يلزم ان تهبط درجة حرارتهِ هبوطًا عظيمًا حتى تبلغ درجة الندى وذلك غير كثير الحدوث

ويتكوّن الندى[1] في كل اقسام اليابسة وقد يكثر في الاماكن التي قلما ينزل فيها المطر فيغنيها عنهُ كما يحدث في بلاد العرب وشيلي وغيرهما. واذا كثر الاشعاع في مكان حتى انخفضت درجة حرارتهِ عن ٣٢°ف تجمد الرطوبة عليهِ راسًا بدون ان تسيل. وتعرف حينئذٍ بالصقيع

(٢٨٧) الضباب * اذا برد الهواء حتى صارت درجة حرارتهِ تحت درجة الندى اي حتى صارت الرطوبة فيهِ اكثر مما يلزم لاشباعهِ على تلك الحرارة تكاثفت رطوبتهُ فيهِ وصارت ضبابًا

واكثر ما يكون ذلك في الاماكن السافلة القريبة من الانهار والبحيرات والبرك وما شابهها لان تلك الاماكن تشعُّ الحرارة اكثر مما تشعّها المياه التي بجانبها فتبرد اكثر منها . ثم اذا جرى هواء المياه الى تلك الاماكن يبرد عليها فتتحوّل رطوبتهُ الكثيرة الى ضباب . واذا جرى هواؤها الى المياه يبرّد هواء المياه ويحوّل رطوبتهُ الكثيرة الى ضباب

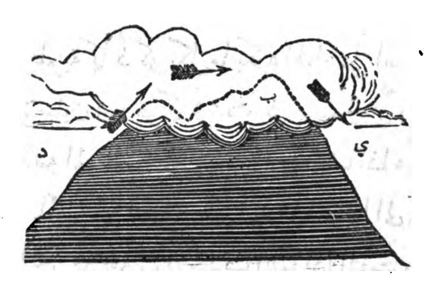
(٢٨٨) السحاب * لا فرق بين السحاب والضباب الّا في الارتفاع فالضباب يحدث قرب سطح الارض واما السحاب فيحدث

---

(١) كان القدماء يزعمون ان للندى خواص كثيرة عجيبة منها ان الاستحمام بهِ يزيد الجمال جدًّا فكانوا يلفون قطعًا على جزز من الصوف ينشرونها ليلًا للاغتسال بهِ والكيميين في تجاربهم الخرافية . قال لورنس وهو من فلاسفة الاجيال الوسطى ان الندى اثيري فاذا ملأنا منهُ بيضة من بيض القنبرة طارت الى الجو عند شروق الشمس . وكذلك بيضة الاوز اذا ملئت منهُ

مرتفعًا عن الارض. ويتكوّن من نفوذ هواء حارّ رطب لهواء بارد او من نفوذ هواء بارد لهواء حارّ رطب

ولذلك ترى رؤوس الجبال معمَّمةً بالسحاب لان الجبال تعارض الريح التي تهبُّ عليها فتصعد الريح بجوانبها حتى تصل الى قممها فتبرد ويبرد بخارها وينعقد غيمًا على رأس الجبل (الشكل ٢٢٧) والغيم اثقل من الهواء ولذلك يهبط فيهِ حتى يصل الى طبقة حارّة فتذيبهُ وتعيدهُ بخارًا من اسفلهِ . فكل غيمةٍ اما ان تكون في حال الانعقاد من صعود الهواء الرطب عن سطح الارضْ الى الاعالي واما ان تكون في حال الانحلال من سكون الهواء ونزولها من الاعالي الباردة الى الاسافل الحارّة



الشكل ٢٢٧

والغيوم على اشكال شتى ولكنها تنحصر في سبعة اربعة منها تتكوّن في مجاري الريح السفلية وهي غيم المطر ويسمّى (نِمْبُس) والغيم المصفَّح ويسمى (السترانس) وهو اسفل الغيوم وقد يصل الى الارض وينبسط في السماء انبساط الصفائح وهو غيم الليل. والركام ويسمّى (الكمولُس) ويظهر في نواحي السماء معترضًا كالجبال وهو غيم النهار . والغيوم الراعدة وتسمى (كُمولس سترانُس) وتتكوّن من اختلاط الركام والمصفَّح ويكثر منها البرق والرعد * وثلاثة منها تتكوّن في مجاري الرياح العلوية وهي الطخرور ويسمى (السرُس) وهو غيم كالريش في الغالب

مكوّن من ابرٍ من الجليد على ما يُظَنُّ . (والسرُّسْترانُس) ويتكوّن من انبساط السرُّس في صفائح ويسبق النوء غالبًا والنمرة ويسمى (السرُّكمولس) وهو غيوم صغيرة متقطعة متقارب بعضها من بعض تعرف عند العامة بغسيل بنت السلطان وتحدث اذا كان الطقس جافًا حارًا

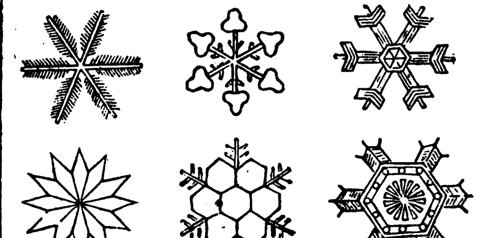
(٣٨٩) المطر * يحدث المطر من كل ما يبرّد الرطوبة التي في الهواء فاذا بردت هذه الرطوبة رويدًا رويدًا اجتمعت دقائقها في كرات صغيرة وتكوّن منها السحاب او الضباب كما تقدّم واما اذا بردت الرطوبة بغتة فتجتمع دقائقها في كرات أكبر من تلك وتقع مطرًا

وتبرد الرطوبة كما ذُكر بكل ما يكرِه الهواء على الصعود عن سطح الارض الى علو ميل او ميلين في الجو كما يحدث اذا صدم جبلٌ ريحًا تهبُّ عليهِ واكرهها على الصعود بجانبهِ الى علوٍ عظيم . وكما يحدث ايضًا اذا هبّت ريحٌ جافّة باردة ثقيلة على ريح حارّة رطبة فتدخل تحتها وترفعها فوقها الى علوّ عظيم كما يدخل السفين تحت الحجر فيرفعهُ . وكما يحدث ايضًا اذا التقت ريحان متضادتان فانهما تجتمعان وترتفعان كما تجتمع موجتان متضادتان وتعلوان اذا تلاقتا

(٣٩٠) الثلج * يتكوّن الثلج من جمود رطوبة الهواء راسًا على درجة سافلة جدًّا من الحرارة بدون ان تتحوّل الى السيولة ويكون ذلك غالبًا في اعالي الجو

والثلج اذا مرَّ في هواء حرارتهُ ٣٢° ف او اعلى منها ذاب ووقع مطرًا على الارض والاَّ وقع عليها ثلجًا . وقد يقع الثلج من هواء البيوت في البلاد الشديدة البرد . فاذ اجتمع خلق كثير في قاعة صغيرة هناك وفتحت نافذة من نوافذ

القاعة والبرد شديدٌ جمد البخار في هوائها ووقع ثلجًا . والثلج مركَّب من بلورات من الجليد ابرية الشكل يتصل بعضها ببعض على اشكال تدهش الناظر وتبهر النواظر وقد رسم بعضها في الشكل ٣٢٨

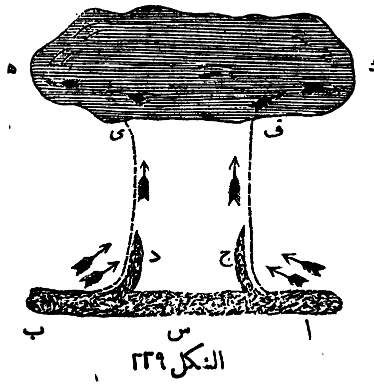


الشكل ٣٢٨

(٢٩١) البَرَد * البرد قطع من الجليد متفاوتة الحجم فمنها ما هو اصغر من الحمص ومنها ما هو بقدر البرتقال ومنها ما هو بين هذين الحجمين . ولا يُعرَف كيف يتكوَّن والظاهر انهُ يحدث من هبوب ريح شديدة البرد وتخلّلها لريح أُخرى احرّ منها جدًّا ومشبعة رطوبة تقريبًا . ولكن تعليل هذه الريح الباردة عسرٌ وغير معروف

(٢٩٢) الريح * الريح الهواء المتحرّك من ناحيةٍ الى اخرى وهذا التحرُّك يكون اذا اختلف ضغط الهواء في ناحية عما هو في ناحية اخرى حتى بطلت الموازنة بينهما فيجري الهواء من المكان العظيم الضغط الى المكان القليل الضغط . اما اختلاف ضغط الهواء في مكان عما هو في مكان آخر فلا يكون الاَّ لامر من امرين على ما نعلم : احدهما ان ترتفع حرارة الهواء في المكان الواحد عما هي في الآخر وثانيهما ان تزيد الرطوبة في هواء الواحد عما هي في هواء الآخر . ولذلك تكون العلل المحدثة للريح اثنتين تفاوت حرارة الهواء وتفاوت رطوبتهِ اي تفاوت مقدار البخار المائي فيهِ

اما تفاوت حرارة الهواء فيتضح مما ياتي : لتكن س (الشكل ٢٣٩) بقعةً من الرمل على جانبيها ارض معشبة ا وب . فعند وقوع شعاع الشمس على هذه الارض تسخن س اكثر مما سواها فيسخن الهواء الذي عليها ويتمدد ويصعد كما ترى عند ج ود فيجري الهواء من عن ا وب الى مكانهِ حتى يسخن ايضًا فيصعد كما صعد الاوَّل ويأتي مكانهُ هواء آخر كما اتى هو . ثم ان الهواء الصاعد عن س يتمدد الى



الشكل ٢٣٩

كل ناحية ويجري في جهة ك وه ايضًا حتى يبرد وينزل الى سطح الارض فيعود يدور كما قدَّمنا . والخلاصة انهُ بتفاوت الحرارة على س وا ب تصعد الريح من عن س الى اعالي الجو ثم تنحدر الى سطح الارض وتعود الى س المكان الذي صعدت منهُ اولًا . ولذلك يكون هبوب الريح من ا وب الى س في مجارٍ سفلية او سطحية والى ا وب في مجارٍ علوية

واما تفاوت رطوبة الهواء فيتضح من ان ثقل البخار النوعي يساوي ثلاثة انصاف ثقل الهواء الجاف النوعي على درجة واحدة من الحرارة وتحت ضغطٍ واحدٍ ولذلك يكون الهواء المشحون بخارًا اثقل من الهواء الجاف فيجري الثقيل الى الخفيف وتحصل الريح من جريهِ

(٣٩٢) تغير جهة الريح بدورة الارض اليومية * خطُّ الاستواء احرُّ من القطبين ولذلك يسخن الهواء عليهِ اكثر مما يسخن عليهما فيتلطف ويصعد الى اعالي الجو ويجري من هناك نحو القطب الشمالي والقطب الجنوبي ولذلك تكون رياحهُ رياحًا علوية . ثم يجري الهواء من جهتَي الشمال والجنوب على سطح الارض الى خط الاستواء لرد الموازنة ولذلك تكون رياحهُ رياحًا سفلية.

هذا ولو كانت الارض ساكنة لكانت الرياح العلوية تجري من خط الاستواء نحو القطبين وبالعكس على الهواجر شمالاً وجنوباً ولا تنحرف عنها شرقاً ولا غرباً ولكن الارض تتحرك دائرةً على محورها من الغرب الى الشرق والاماكن التي على خط استوائها تسرع اكثر من بقية الاماكن في دورانها معها . فلذلك تنحرف الرياح العلوية شرقاً في سيرها نحو القطبين وتنحرف الرياح السفلية غرباً في سيرها نحو خط الاستواء . لان هواء خط الاستواء يدور مع الارض شرقاً ويسرع في دورانهِ اكثر من هواء سائر الاعراض الشمالية والجنوبية التي على جانبي خط الاستواء . فاذا صعد عن خط الاستواء وجرى شمالاً وجنوباً في رياح علوية كما تقدَّم بقيت لهُ سرعة حركتهِ هذه شرقاً فينحرف شرقاً شيئاً فشيئاً عن الهاجرة التي جرى منها حتى يحسبهُ الذين الى شمالي خط الاستواء آتياً من الجنوب الغربي ويحسبهُ الذين الى جنوبي خط الاستواء آتياً من الشمال الغربي واذا جرى الهواء من الشمال والجنوب الى خط الاستواء فلكون دورانهِ مع الارض شرقاً ابطأ من دوران الاماكن التي هو مارٌّ فيها ينحرف غرباً شيئاً فشيئاً عن الهاجرة التي جرى منها فيحسبهُ اهالي تلك الاماكن آتياً من الشمال الشرقي في شمالي خط الاستواء ومن الجنوب الشرقي في جنوبيهِ

(٢٩٤) الرياح المنتظمة والمتقلبة * ان رياح الارض لا تجري كما ذكر (عد ٢٩٣) جرياً مطرداً الاَّ في الاماكن الواقعة على جانبي خط الاستواء ولا سيما البحور الى عرض ٣٢° شمالاً وجنوباً منهُ وهذه الرياح تسمَّى الرياح التجارية لموافقتها للسفن التجارية في سيرها . واما رياح بقية الاماكن فمتقلّبة

فالرياح التجارية تحصل من صعود الهواء عن خط الاستواء وجريهِ شمالاً وجنوباً ومن جري الهواء من الشمال والجنوب ليسدَّ مسدَّهُ . وحينئذٍ يحصل الانحراف في جهة جريهِ بسبب دوران الارض فيحسب الآتي من الشمال الريح التجارية الشمالية الشرقية والآتي من الجنوب الريح التجارية الجنوبية الشرقية . واما الهواء الصاعد عن خط الاستواء فيضيق عليهِ المكان كلما ابعد

عن خط الاستواء شمالاً وجنوبًا وينحصر في دوائر من العرض تصغر شيئًا فشيئًا عن دائرة خط الاستواء حتى اذا صار بقرب دائرة ٣٢° من العرض يتراكم بعضهُ فوق بعض ويهبط بثقلهِ الى الارض ويجري في مجارٍ سطحية عائدًا الى خط الاستواء ليسدَّ مسدَّ غيرهِ من الهواء الصاعد من هناك

والرياح المتقلبة لا انتظام لها بل تهبُّ تارةً من هذه الجهة وطورًا من تلك لاسباب شتى كليَّة وجزئية لم تُضبَط الى الان. وتشاهد في الاعراض الوسطى وعلى الخصوص في المنطقة المتجمدة الشمالية حيث تهبُّ الرياح احيانًا من جهات شتى في وقت واحد

(٢٩٥) الرياح الموسمية * هذه الرياح تهبُّ في بعض المواسم من جهة واحدة وساعات واحدة من اليوم كالرياح المعروفة بالمواسم وكالسموم المعروفة بالشرقية وكنسيم البرّ والبحر. فالمواسم رياح تهب نصف السنة من البحر الاحمر وبحر العرب وخليج بنكالا وبحر الصين الى اليابسة المجاورة لتلك البحور ثم تنعكس جهتها في نصف السنة الآخر فتهب من اليابسة الى تلك البحور. اما هبوبها من البحور الى اليابسة فيكون صيفًا وذلك لان اليابسة تسخن ويتلطف هواؤها اكثر من هواء البحور فيجري هواء البحور اليها . واما هبوبها من اليابسة الى البحور فيكون شتاء وذلك لان اليابسة تبرد بالاشعاع اكثر من البحور فيثقل هواؤها عن هواء البحور ويجري الى البحور لحفظ الموازنة

والسموم ريح حارَّة تهب من صحراء افريقية الى سورية ومصر والجزائر وايطاليا وتبقى في مصر وبعض جهات سورية من اواخر نيسان الى حزيران حيث تسمى الخمسين لانها تبقى نحو خمسين يومًا . واذا اصابت السموم قافلة اثارت الرمال عليها كالغيوم الكثيفة فيخرُّ الرَّكب الى الارض ويلفون وجوههم بالاردية الكثيفة وتدبر النوق قفاها للريح حتى لا تُسفي الرمال على وجوهها فتخنقها

ونسيم البرّ والبحر ريحان تهبُّ احداهما من البر الى البحر ليلاً وتعقبها

الأُخرى من البحر الى البر نهارًا في الاماكن التي على سواحل البحر. اما نسيم البر فيهب ليلاً الى البحر لانَّ الارض تبرد بالاشعاع ليلاً أكثر مما يبرد البحر فيجري هواؤها البارد الى هواء البحر السخن لحفظ الموازنة. واما نسيم البحر فيهب الى البر نهارًا لان البر يسخن بحرارة الشمس اكثر من البحر فيجري هواء البحر البارد الثقيل الى هواء البرّ الحارّ اللطيف لحفظ الموازنة

(٣٩٦) الزوبعة * الزوبعة رياح تعصف عصفًا شديدًا حتى ربما بلغت سرعتها مئة ميل في الساعة وتدور بعضها داخل بعض دورانا لولبيًّا حول محور قائم او مائل على سطح الارض وتعمّ بقعةً من الارض قطرها من مئة ميل الى خمس مئة ميل او اكثر وتسير بجملتها من مكان الى آخر بسرعة ١٠ اميال او ٣٠ او ٤٠ ميلاً في الساعة. وتحدث قرب جزائر الهند الغربية وفي البحر الصيني والاوقيانوس الهندي. وتدور رياحها في شمالي خط الاستواء من اليمين الى اليسار اي في خلاف الجهة التي تدور فيها عقارب الساعة. وتدور بعكس ذلك في جنوبي خط الاستواء

(٣٩٧) الموجاء والاعصار * الموجاء ريح دوّارة يلتفُّ بعضها في بعض التفافًا لولبيًّا كالزوبعة ومعظم الفرق بينهما في الاتساع وطول المدَّة. فان الموجاء قلما يزيد عرضها عن بضع مئات من القصبات وطولها عن ٢٥ ميلاً وقلما تبقى في مكان واحد اكثر من بضع ثوانٍ بخلاف الزوبعة. والموجاء عنيفة الهبوب جدًّا على الغالب فاذا مرّت ببيت خرّبته او بشجرٍ اقتلعته او بصخر زعزعته او حملته. واذا حدثت على الرمال اثارتها كالعَمَد الى الجو. واذا حدثت على الماء اثارته ثورانًا عنيفًا واجتذبت زبدهُ الى وسطها فيظهر كالعمود قائمًا على وجه الماء الثائر. وتسمَّى هذه الموجاء اعصارًا

(٣٩٨) النوء * يراد بالنوء اصطلاحًا اضطراب الهواء اضطرابًا عظيمًا حتى يثور رياحًا شديدةً على بقعة متسعة من

الارض فتدور بالاجمال في دوائر لولبيّة بعضها داخل بعض كما تدور في الزوبعة والهوجاء الّاَ انها اقلّ منها عنفًا واعظم انساعًا فقد يكون طول البقعة التي يسقط النوءُ عليها الف ميل من الشرق الى الغرب والفي ميل او ثلاثة آلاف ميل من الشمال الى الجنوب وهذه البقعة قريبة الشكل من الاستدارة والغالب ان النوءَ ينشأُ في نصف الكرة الشمالي من ناحية من نواحي الغرب ويسير نحو ناحيةٍ من نواحي الشرق حتى يزول.وكثيرًا ما يحدث فيهِ مطر وبرَد وثلج وبرقٌ ورعدٌ.والمظنون ان الزوبعة والهوجاء والاعصار والنوءَ تحدث من تاثير حرارة الشمس في الهواءِ وقد عللوها تعاليل متعدّدة لم يجمعوا على واحدٍ منها الى الآن

(٣٩٩) التيَّار * التيَّار مجرًى من الماء يجري في البحر من ناحية الى ناحية بسبب تفاوت الحرارة على الماء فان سطح البحر يسخن في المنطقة الحارّة اكثر مما يسخن في احدى المعتدلتين او المتجمدتين ولذلك يخف فيجري نحو القطبين. والتيَّارات كثيرة : من اشهرها تيَّار الخليج وهو يخرج من خليج مكسيكو فيحمل مياه بحر كِربي الحارّة ويقطع بها الاوقيانوس الاتلانتيكي الشمالي حتى يصيب سواحل سكتلاندا ونروج فيلطِّف بحرارتهِ برد بلاد الانكليز ويعدّل هواءها ولولاهُ لاستولى عليها زمهرير لابرادور

فجمدها وجعلها قفرًا صفرًا من السكان. ولو نفذ هذا التيار برزخ بناما وجرى منهُ الى الاوقيانوس الباسيفيكي الجنوبي لكست الثلوج بلاد الانكليز وجمدتها الرياح القوارس

خاتمة الباب

في بعض اشكال الماء ومنافعهِ

(٤٠٠) اولاً. ان حرارة الماء النوعيَّة (عد ٣٤١) عظيمة ولذلك يؤثر الماء في هواء البلدان تاثيرًا شديدًا فانهُ اذا جرت الرياح الحارَّة شمالاً والتقت بالهواء البارد على المنطقة المعتدلة تكاثفت رطوبتها ونزلت منها على تلك المنطقة فتظهر حرارتها المختفية (عد ٣٤١) في جيوبها محمولة من المنطقة الحارة وتلطّف البرد في تلك المنطقة . فكأنَّ تيارات البحر ورياح الجو انابيب آلة بخارية وخط الاستواء خلقينها فهو يبخر البخار والرياح والتيارات تحملهُ فتسخن بهِ الاصقاع الباردة لينضر نباتها وينمو حيوانها * هذا فضلاً عن ان الماء يعدّل هواء البلاد فيقيها من تعاقب البرد والحرّ عليها تعاقبًا فجائيًّا لانهُ يمتصّ حرارة كثيرة في الصيف فيلطف حرَّهُ ويظهرها في الخريف فيلطف برد الشتاء . وفي الربيع يذوب الثلج والجليد فيمتصّ ماؤهما حرّ الشمس فلا تخرج الاشجار براعمها باكرًا ولا تتعرَّض لتقلبات البرد والحرّ. ولما كان الثلج والجليد لا يذوبان الاَّ بحرارة شديدة كان ذوبانها بطيئًا في الربيع ولولا ذلك لكانت مياهها تطمو على الارض فتجرف تربتها وتهلك المخلوقات الحيَّة التي عليها

ثانيًا . ان الماء يحتوي هواء يعيش بهِ السمك. ولو خلا الماء من الهواء لكان بفرقع كلما تجاوزت حرارتهُ ۲۱۲°ف كثيرًا. فكان الناس لا يجرأُون ان يغلوهُ في وعاء الّا وهم يراقبون درجة حرارتهِ بالترمومتر كما يراقبون الان الآلات البخارية مخافة ان ينحصر بخارهُ فيشق القِدْر ويتلف ما حولها . غير انهُ اذا زادت حرارتهُ عن ۲۱۲° يفارقهُ الزائد ويتركهُ على درجة ۲۱۲ف. هذا والماء يتمدد بالحرارة كغيرهِ من السائلات وينقلص بالبرد الى ۳۹°ف فقط ثم ياخذ في التمدد بزيادة البرد حتى تبلغ حرارتهُ ۳۲°ف فيجمد . وعليهِ تنشقّ الجرَّة اذا جمد ماؤُها من البرد لانهُ يتمدد فيضغطها بقوة تمدُّدهِ ويشقُّها. فالماء يشذّ بذلك عن بقية الاجسام ولكن لهذا الشذوذ منافع جليلة لانهُ لو كان الماء يجري مجرى بقية الاجسام لكان اذا برد سطحهُ تنزل دقائقهُ الباردة الى قعرهِ وتصعد دقائقهُ السخنة من قعرهِ الى سطحهِ حتى تبرد كلها الى درجة الجليد فتجمد معًا ويصير الماء كلهُ قطعة واحدة من الجليد فيقتل ما فيهِ من الحيوانات والنباتات. ثم اذا جاء الصيف وتعاظم حرُّ الشمس يذوب وجه ذلك الجليد فقط فيصير ماء لكن ما تحتهُ يبقى جليدًا لان الماء غير موصل للحرارة فيصدُّ الشمس عما تحتهُ ولا يمكنها من تذويبهِ. ولذلك كان يبقى الجليد في البحار والبحيرات والانهار وفي الاماكن المزمهرَّة طول الايام . واما الآن فلشذوذ الماء عن بقية الاجسام يتمدد بالبرد فيخفُّ المتمدد ويجمد ويعوم على الوجه ويقي البقية من الجمود لانهُ جليد والجليد موصل رديء للحرارة . فتبقى حرارة الماء العميق تحتهُ على درجة واحدة ولو اشتدَّ البرد فلا يموت ما فيهِ . فسبحان المعتني الحكيم

ثالثًا . اذا جمد الماء خلص من الشوائب . وعليهِ يتحوَّل ماء البحر الملح الى ماء عذب في المنطقة المتجمدة الشمالية. قال مكلِنتُك ان الماء كان يصفو بجمودهِ المرَّة بعد المرَّة في تلك النواحي حتى صار صالحًا للشرب في جَمْدَتِهِ الرابعة . ولذلك اذا جمَّد البرد الخلَّ في وعاء اجتمع الحامض في الوسط وبقي ماء الخل جامدًا

رابعًا . اذا تكوّن الندى على النبات منعهُ من الاشعاع فلا تبرد اوراقهُ بردًا شديدًا ولا تصقع. فنتيجة الاشعاع اي الندى تضادُّ الاشعاع وتدفع اضرارهُ فضلًا عن انها تسقي النبات العطشان . هذا والماء يرتقي من البحر والبرّ بخارًا فيبرّد الهواء ويرطبهُ صيفًا ويعدّل بردهُ شتاء . وينعقد غيمًا فيظلل الارض من شعاع الشمس نهارًا ويحميها من شرّ الاشعاع الزائد ليلًا . ويقع مطرًا فينقي الهواء ويحيي النبات او ينزل ثلجًا فيحتضن الاعشاب وبراعم الاشجار من الموت. وينبع عيونًا تروي الغليل وتشفي العليل وينقّي الابدان ويذوّب الطعام ويليّن المفاصل ويجري الى البحر فيهب للتربة حياةً وللارض خصبًا وخيرًا . فتبارك المدبّر القدير

---

(٤٠١) مسائل للتمرين * (١) لماذا تبرد اليد في البرد اذا دقّت الباب بدقاقة من الحديد اكثر مما اذا دقتهُ بدقاقة من الخزف . (٢) لماذا تلتف حافة الرغيف المحمّص على النار الى جهة وجهه الذي على النار .(٣) ان البعض يضاعفون الزجاج في الشبابيك فيضعون زجاجًا وراء زجاج لمنع البرد فلماذا يمتنع البرد كذلك . (٤) يلبس الفرّان في بعض البلدان قميصًا من الفلانلا ليبرد جسدهُ صيفًا ويدفأ شتاء فكيف ذلك.(٥) لايّ سبب تسخن ايادينا اذا نفخنا فيها ويبرد الطعام اذا نفخنا عليهِ .(٦) كيف يقي الثلج العشب من الموت. (٧) لماذا يغلي الماء ويتطاير في بعض الايام اسرع مما يغلي ويتطاير في غيرها. (٨) ما سبب الفقع الذي نسمعهُ من النار عند اشتعالها في كانون . (٩) لماذا تعلو نغمة البيانو في محلٍّ بارد عما تكون في محلٍّ دافئٍ. (١٠) أضيقًا يجب ان يكون فم الدواة ام واسعًا . (١١) اذا مدُّوا قضبان الحديد على سكةٍ حديدية تركوا فسحةً بين كل قضيبين منها فما القصد من ذلك . (١٢) لماذا يخشى على الانسان من الزكام اذا ترطّبت ثيابهُ . (١٣) لماذا يفقع البلوط في النار اذا لم ينزع بعض قشرهِ . (١٤) هل يمكن الطبخ تحت قابلة مفرّغة من

الهواء . ولماذا . (١٥) لماذا يشعر الانسان بان الهواء بارد عند ذوبان الثلج والجليد في الربيع . (١٦) لماذا يوضع الحليب في وعاء من تنك والثلج في وعاء من خشب في عمل البوزه . (١٧) لماذا يعتدل البرد عادةً والثلج نازل . (١٨) ما سبب الازيز في ابريق الماء السخن . الجواب ان فوهة البلبل منهُ تهزُّ دقائق البخار الخارجة منهُ فتصوت حسب اهتزازها. (١٩) لماذا يبرد الهواء على ارضٍ قد رُشَّت بالماء . (٢٠) ما هي اسفل درجةٍ يصلح الترمومتر الزئبقي للدلالة عليها من درجات الحرارة . (٢١) حرارة الهواء اليوم ٧٠° ف فماذا تعدل من ترمومتر س . ومن ر . (٢٢) هل يحدث الندى على جسرٍ من حديد وعلى ممشًى من خشب . (٢٣) ان باطن الارض احرُّ من سطحها على كل حال فلماذا يكون ابرد الماء في اعمق الآبار . (٢٤) ايها افضل للطبخ القدر الصقيلة من اسفلها ام الخشنة . (٢٥) ايٌّ يغلي اوَّلاً الماء ام الحليب . (٢٦) أمن التدبير ان يكون الوجاق صقيلاً لامعًا . (٢٧) هل يدلُّ الترمومتر على درجة واحدة من الحرارة اذا غطَّ في ماء جارٍ وفي دلو ملآنةٍ من ذلك الماء . (٢٨) ايُّ خرقةٍ افضل من الأُخرى لمسك الآنية السخنة أَالصوفية ام الكتانية . (٢٩) عندنا وجاقان من حجم واحد احدهما بسيط والآخر منقوش فايهما يبعث الحرارة اكثر من الآخر . ولماذا . (٣٠) هل يقع الندى وقوعًا كالمطر . (٣١) لماذا يرشح الابريق . (٣٢) لماذا يستعجل التبخير في الفراغ . (٣٣) اذا خلخل التراب حول النبات فهل ياتيهِ ذلك بالندى . (٣٤) لماذا يذوب الثلج تحت الشجر قبلما يذوب في العراء . (٣٥) لماذا تضيَّق فتحة المدخنة شيئًا فشيئًا من اسفلها الى اعلاها . (٣٦) هل تبقى القهوة سخنة في ابريق لامع اطول مما تبقى في ابريق قاتم اللون . (٣٧) لماذا يفقع الحطب اوَّل وضعهِ في النار . الجواب لان الهواء يتمدد في حويصلاتهِ فيشقها . (٣٨) لماذا يُرَى نَفَس الانسان في الايام الباردة . (٣٩) لماذا تكون الثياب الفاتحة اللون ابرد صيفًا وادفأ شتاء من الثياب الغامقة اللون. (٤٠) كم تكون الحرارة على بُعد قدمين

عن النار بالنسبة الى ما تكون على بُعد اربع اقدام عنها . (٤١) ما هو السبب في بقاء الصقيع صباحًا على بعض النباتات مدَّةً اطول من مدَّة بقائهِ على غيرها . (٤٢) هل وَقد الحطب الاخضر من باب التدبير . (٤٣) لماذا لا يفقع الحطب الاخضر على النار كاليابس . (٤٤) لماذا يزداد الغليان اذا وُضِعت قطعة من المعدن في ماء يغلي في وعاء من الزجاج او الخزف . (٤٥) ايهما يحترق قبل الآخر بعدسية محدَّبة أَلورق الابيض ام الاسود . ولماذا (٤٦) لماذا يشعر الانسان ببرودة الهواء في يوم شديد الريح اكثر مما يشعر بها في يومٍ هادئٍ ولو كانت درجة الحرارة واحدة في اليومين . (٤٧) ماذا كان سرّ العجيبة في جزَّة جدعون قاضي بني اسرائيل . (٤٨) هل يمكن اصطناع عدسية من الجليد تحرق كعدسية من البلور . (٤٩) يقال ان جبال الجليد التي تقذفُها امواج البحر من البر تكون في الغالب مكتنفةً بالضباب فما تعليل ذلك . (٥٠) وضعنا في الفضاء وعاءين من الحديد احدهما لامع والآخر يعلوهُ الصدأ فعلى ايهما يتجمع الندى اكثر . (٥١) لماذا تكون الليالي الصافية السماء ابرد من الليالي المغيمة . (٥٢) لماذا لا يتكوَّن الندى في الليالي المغيمة . (٥٣) لماذا تكون رؤُوس الجبال ابرد من سفوحها حال كونها اقرب الى الشمس من تلك السفوح



الباب العاشر

في الكهربائية

(٤٠٢) المقدّمة * لم يذكر الناس شيئًا عن الكهربائية حتى قام طاليس احد حكماء اليونان السبعة سنة ٦٠٠ قبل المسيح فاثبت انهُ اذا حُكّت الكهرباء بشقّةٍ من الحرير اجتذبت اليها الاجسام الخفيفة كالريش والعصافة ونحوهما. وكان اليونان يستغربون ذلك كلَّ الاستغراب حتى زعموا ان للكهرباء روحًا ولم يعرفوا هم ولا غيرهم الّا جذب الكهرباء هذا حتى قام الدكتور كِلْبَرْت الانكليزي في اواخر القرن السادس عشر فاثبت ان اجسامًا أُخر غير الكهرباء كالكبريت والشمع والزجاج تفعل فعل الكهرباء فتجذب الاجسام اذا فركت. ثم عكف علماء اوربا واميركا على البحث عن هذه القوة وسمّوها الكهربائية لان الانتباه الى وجودها كان من الكهرباء اولًا. فاكتشفوا فيها اكتشافات جمّة ولم تزل بحرًا لا قرار لجُدَدِهِ وفوائدهِ

والكهربائية تظهر في الاجسام على خمسة اشكال تعرف بالمغنطيسية وكهربائية الاحتكاك والكهربائية الكلفانية وكهربائية الحرارة والكهربائية الحيوانية . وهذه الاشكال متقاربة في نواميسها متشاركة في كثير من نتائجها متبادلة بمعنى ان كلاً منها يمكن تحويله الى الآخر لشدة التعلق الذي بينها . وعليها مدار كلامنا بالاختصار في هذا الباب

الفصل الاول

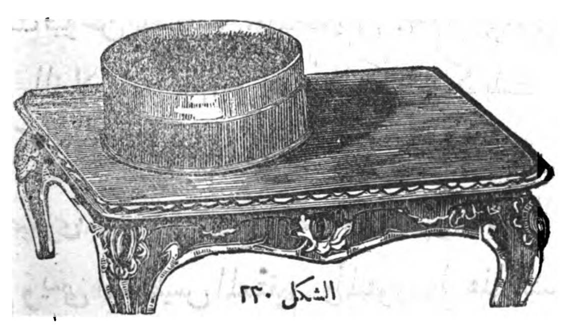
في المغنطيسية

(٤٠٣) المغنطيس الطبيعي والمغنطيس الصناعي * المغنطيسية فنٌّ يُبحث فيهِ عن المغنطيس. والمغنطيس جسم لهُ قوَّة على جذب الحديد والفولاذ ومعادن أُخر اخصها النكل والكوبلت. وانما سُمي مغنطيساً لانهُ اكتشف اولاً في نواحي مدينة مغنيسيا من اعمال اسيا الصغرى . وهو اما طبيعي او صناعي واشهر اشكالهِ القضيب المستقيم ويسمى المغنطيس المستقيم . والملتوي على هذا الشكل ∪ ويسمى المغنطيس النضوي لانهُ يشبه نضوة الفرس

اما المغنطيس الطبيعي ويقال له حجر المغنطيس ايضاً فهو اكسيد من

اكاسيد الحديد اعني انهُ معدن مركَّب كالصدإ من الحديد والاكسجين ولكنهُ يختلف عن الصدإ بكون الاكسجين فيهِ اقلّ مما في الصدإ. وتزيد القوة المغنطيسية في بعض حجارهِ عما هي في غيرها بقطع النظر عن ثقل تلك الحجار. فان الحجر الذي كان يحملهُ الفيلسوف اسحق نيوتن لم يزد ثقلهُ عن ثلاث قمحات وكان يرفع بقوة جذبهِ ٧٤٦ قمحة من الثقل وذلك نحو ٢٥٠ ثقلاً من ثقلهِ. والحجر الذي جلبهُ الانكليز من موسكو الى لندن كان ثقلهُ ١٢٥ ليبرا ولم يكن يحمل الاَّ نحوًا من ٢٠٠ ليبرا* واما المغنطيس الصناعي فهو فولاذ يدلك بمغنطيس طبيعي فيكتسب المغنطيسية منهُ كما سيجيء (عد ٤٠٨) وهو اصلح من الطبيعي للاستعمال والتجربة وعليهِ المعوَّل



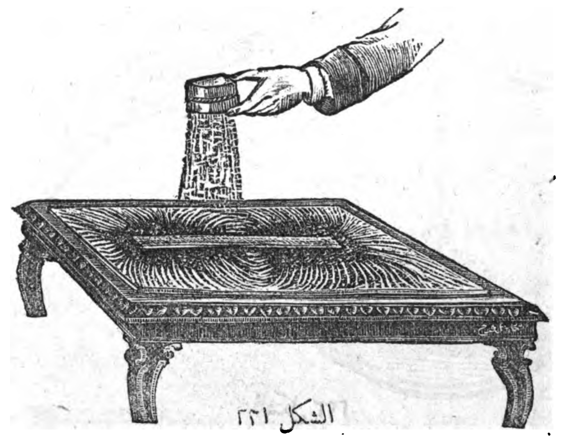


الشكل ٢٢٠

(٤٠٤) توزُّع القوة المغنطيسية في المغنطيس* ان القوة المغنطيسية التي يجذب المغنطيس الحديدَ بها ليست متساوية في

كل جزء من اجزائهِ بل تزيد على طرفيهِ ومن ثمَّ تتناقص حتى تتلاشى في وسطهِ. ولذلك يسمَّى طرفاهُ القطبين ويسمى الخطُّ المتوسط فيهِ خطَّ الاستواء

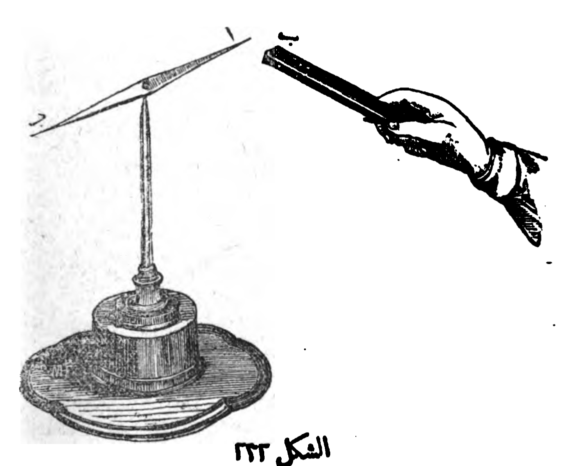
اذا دُسَّ مغنطيس مستقيمٌ في برادة الحديد (الشكل ٢٣٠) تجمعت على طرفيهِ تجمعًا ولكن لم يعلق شيءٌ منها بوسطهِ. والمغنطيس يجذبها ولو فُصِل عنها بفاصل غير مغنطيسي فاذا وُضع المغنطيس على مائدة (الشكل ٢٣١) ووضعت عليهِ قطعة من القرطاس ثم نخلت عليها برادة الحديد من منخلٍ دقيق جذبها قطبا المغنطيس ورتَّباها في خطوط منحنية تتفرَّع منهما. واما البرادة التي تقع على وسط المغنطيس فلا تترتب كذلك بل تبقى كما لو وقعت على جسم غير مغنطيسي



الشكل ٢٣١

(٤٠٥) الجذب والدفع المغنطيسيَّان * ان الاقطاب المغنطيسية المتشابهة تتدافع والاقطاب المتخالفة تتجاذب. وقوَّة جذبها ودفعها تنقص بقدر ما يزيد مربَّع بعدها بعضها عن بعض. ويتضح ذلك مما ياتي

علّق قضيبًا دقيقًا من المغنطيس المستقيم في وسطهِ حتى تسهل عليهِ الحركة الى كل الجهات واتركهُ لذاتهِ فيتجه قطب من قطبيهِ الى الشمال والقطب الآخر الى الجنوب. ويسمّى هذا القضيب اذ ذاك ابرة مغنطيسية ويسمى قطبهُ الشمالي ايضًا القطب الايجابي وهذه علامتهُ (+) وقطبهُ الجنوبي القطب السلبي وهذه علامتهُ (−) ثم لتكن ا ب (الشكل ٣٢٣) ابرةً مغنطيسيةً قطباها ا وب وليقرَّب من ا قطبها الشمالي القطب الجنوبي ب من مغنطيس آخر فيتجاذبان لانهما مختالفان. وليقرَّب بعد ذلك القطب الشمالي من المغنطيس الى القطب الشمالي منها فيتدافعان لانهما متشابهان* ويبرهن ان قوة المغنطيس في الجذب والدفع تقلُّ بزيادة مربَّع البعد عن ميزان الفتل كما سيبرهن في الكهربائية



الشكل ٣٢٣

(٤٠٦) الحلُّ المغنطيسيُّ* تقدَّم ان المغنطيس يجذب الحديد وان مغنطيسين تتجاذب قطباهما المتخالفان ويتدافع قطباهما المتشابهان. فلايضاح الكيفية التي يتمُّ بها ذلك يُفرَض ان في الحديد نوعين مختلفين من الكهربائية متحدين معًا حول كل دقيقةٍ

من دقائقهِ بحيث يفني احدهما قوة الآخر. فاذا مسَّ هذا الحديد مغنطيساً يُحلُّ هذان النوعان الكهربائيان او هاتان القوتان المغنطيسيتان فيهِ ويتغلَّب الشمالي منهما على القطب الشمالي والجنوبي على القطب الجنوبي فيتمغنط الحديد اي يصير مغنطيساً ويقال انهُ تمغنط بالحل المغنطيسي اذ يُفرَض ان نوعي مغنطيسيتهِ قد انحلاَّ

فالفرق بين المغنطيس والحديد قبل تمغنطهِ هو ان المغنطيس تُفرَض فيهِ القوتان المغنطيسيتان منحلَّتين الواحدة عن الأُخرى ويفرض ان لكلٍّ منهما فعلاً مستقلاً عن فعل الأُخرى والحديد تفرض فيهِ المغنطيسيتان متحدتين الواحدة بالأُخرى وليس لهما فعل. وعليهِ اذا مسَّت حلقة من الحديد القطب الشمالي من مغنطيس مثلاً تنحل مغنطيسيتها الى شمالية وجنوبية فيجتذب المغنطيس الجنوبية منها ويدفع الشمالية فتلاصق الحلقة بهِ وتصير مغنطيساً مثلهُ. ولذلك اذا مسَّت هذه حلقة مثلها من الحديد تحلُّ مغنطيسيتها وتجتذب الجنوبية وتدفع الشمالية فتصيّرها مغنطيساً من نوعها . وهذه تصير حلقة أُخرى مغنطيساً من نوعها بالحل ايضاً وهكذا حتى تتصل حلقات متعددة من الحديد بالمغنطيس الاصلي بواسطة حلهِ وجذبهِ لها* ولا يلزم ان المغنطيس يمس الحديد دائماً حتى يحله ويمغنطهُ فقد يمغنطهُ عن بعدٍ بغير ان يمسّهُ : فاذا فُرِض (الشكل ٣٢٣) القطب الشمالي من مغنطيس ووُضعت حولهُ قطع متعدّدة من الحديد فانهُ يمغنط كل قطعة منها بالحل المغنطيسي فيصيّر اطرافها القريبة منهُ جنوبية والبعيدة شمالية

الشكل ٣٢٣

هذا وليس المراد من الحل المغنطيسي ان يتجرّد كل واحدٍ من النوعين

المغنطيسيين عن الآخر بحيث يكون نوع واحد منها فقط في مغنطيس واحد او في قطب واحد والنوع الآخر في مغنطيس آخر او في قطبهِ آخر . بل المراد ان يتهيج الواحد منها فيظهر اكثر مما يظهر الآخر مع بقاء الاثنين حول كل دقيقةٍ من دقائق المغنطيس . لاننا اذا قطّعنا مغنطيسًا قطعًا صغيرةً بقي لكل منها قطبان شماليٌّ وجنوبيٌّ كما كان لهُ نفسهِ . لنفرض ش (الشكل ٣٢٤) القطب الشمالي من مغنطيس وج القطب الجنوبي منهُ وليقطّع قطعًا صغيرة فيكون لكلٍّ منها قطبان شمالي وهو الاسود في الشكل وجنوبي وهو الابيض اذ هي مؤلفة من دقائق لكل

ج ش

ش ج ش ج ش ج ش ج ش ج ش ج ش ج ش ج

الشكل ٣٢٤

دقيقةٍ منها قطبان ايضًا . ولا يخفى ان القوة الشمالية توجّه عملها الى الجهة الشمالية والقوة الجنوبية توجّه عملها الى الجهة الجنوبية ولذلك يكون اعظم عملها على قطبي المغنطيس واما في وسطهِ فتمحق احداها عمل الاخرى

(٤٠٧) قوة الضبط المغنطيسي * اذا حلّ المغنطيس حديدةً ليّنة كما تقدم تصير مغنطيسًا وتدوم كذلك ما دامت متّصلة بهِ ولكنها لا تضبط مغنطيسيتها فيها بل تفقدها عند انفصالها عنهُ . بخلاف الفولاذ فانهُ اذا قُرِّب من المغنطيس لا يتمغنط الّا بصعوبةٍ ولكنهُ متى تمغنط وانفصل عن المغنطيس الاصلي لا يفقد مغنطيسيتهُ بل يضبطها فيهِ . ولذلك يقال ان قوة الضبط عظيمة فيهِ وضعيفة او غير موجودة في الحديد الليّن

(٤٠٨) المَغْنَطة الصناعيّة * قلنا ان المغنطيس يكون صناعيًّا وهو يصنع من الحديد والفولاذ بطرقٍ شتى اشهرها اثنتان الكهربائية وسيأتي الكلام عليها والدلك او المسّ . وهذا امّا ان يكون في الحديد المستقيم او في النضوي

فاذا أُريد اصطناع مغنطيس مستقيم دقيق كالابرة المغنطيسية مثلاً توضع الحديدة او الفولاذة ب ا على القطب الشمالي والقطب الجنوبي من مغنطيسين كما ترى في الشكل ٣٣٥ ثم يوضع على وسطها قطبا مغنطيسين آخرين د وس الشمالي من الواحد والجنوبي من الآخر وضعاً مائلاً عليها بدون ان يتماسّ قطباهما ويجرّ المغنطيس د باليد اليمنى الى ب والمغنطيس س باليد اليسرى الى ا . وكلما بلغا الى نهايتي الحديدة يرفعان ويردّان الى وسطها ويعاد الدلك بهما على الوجه الواحد منها وعلى الوجه الآخر حتى تتمغنط جيدًا . وهذا العمل يقال له المس المفرد

ش ج س د ج ش ا ب ج ش

الشكل ٣٣٥

واذا أُريد اصطناع مغنطيس مستقيم سميك غليظ توضع الحديدة على مغنطيسين ويوضع عليها قطبان مغنطيسيان كما تقدم ثم يفصل بين هذين القطبين بقطعة من الخشب ويجرّ المغنطيسان معًا الى جهة واحدة لا الى جهتين كأن يجرّا الى ا ثم الى ب او بالعكس مرارًا متوالية على كل وجهٍ من وجهيها حتى تتمغنط جيدًا . وهذا العمل يقال له المس المزدوج . ويجب ان يكون عدد الدلكات على كل نصفٍ من نصفي الحديدة متساويًا تمامًا

الشكل ٣٣٦

واذا أُريد اصطناع مغنطيس نضوي يوضع مغنطيس نضوي عموديًا على حديدة نضوية من حجمهِ كما ترى في الشكل ٣٣٦ وتوضع قطعة من الحديد على طرفيها ويجرّ المغنطيس من طرفيها في جهة السهم الى منحناها او بالعكس ثم يدار في قوس ويردّ الى المكان الذي ابتدأ جرّهُ منهُ

(٤٠٩) حفظ المغنطيس والحافظة * اذا تمغنط جسم يجعل مغنطيسيتهِ الى نوعيها فعلى طول الزمان يعود النوعان الى الاتحاد ولو كانت قوة الضبط (عد ٤٠٧) فيهِ عظيمة ولذلك يخشى عليهِ من فقد مغنطيسيتهِ على مرور الايام . ويتلافى

ذلك بابقاء نوعَي المغنطيسية محلولين : فان كان المغنطيس مستقيماً يوضع اثنان منهُ على الموازاة في علبةٍ وتخالف اقطابهما حتى يقابل الشمالي من الواحد الجنوبي من الآخر وتوضع حديدة على كل قطبين (الشكل ٢٣٧) فيحلُّ المغنطيسان مغنطيسية الحديدتين ويمغنطانهما . ثم ان الحديدتين تردان الفعل الى المغنطيسين فتبقيان نوعَي المغنطيسية محلولين في كل منهما وتمنعانهما من الاتحاد فلا تُفقَد المغنطيسية من المغنطيس * وان كان المغنطيس نصويًّا توضع حديدة على طرفيهِ فتتمغنط بالحل ثم تفعل بالمغنطيس كما تقدَّم فتحفظ مغنطيسيتهُ ولذلك تسمّى الحافظة

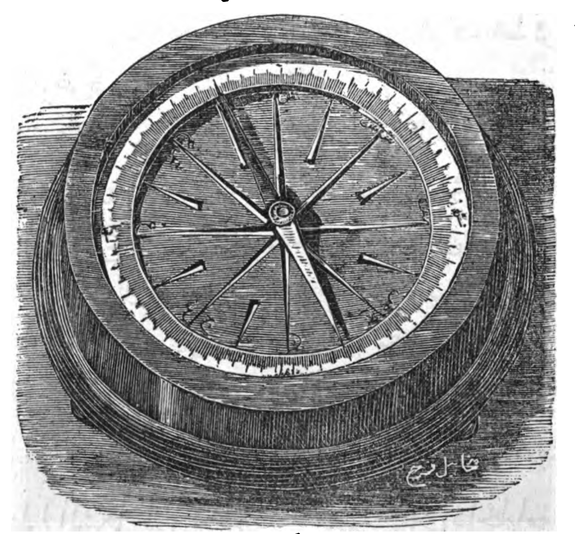
الشكل ٢٣٧

مغنطيسية الارض

(٤١٠) ميل الابرة * اذا توازنت الابرة المغنطيسية على محور اتجه احد قطبيها شمالاً والآخر جنوبًا لان في الارض قوةً توجهها كذلك . غير ان اتجاهها لا يكون الى الشمال تمامًا ولا الى الجنوب تمامًا الاَّ في اماكن قليلة على سطح الارض واما في بقية الاماكن فينحرف شرقًا او غربًا عن الشمال والجنوب حسب موقعها . ويُعرَف انحرافها هذا بميل الابرة. فاذا قيل ان ميل الابرة في بيروت نحو ١٠° غربًا فالمراد من ذلك ان انحرافها عن القطب الشمالي هو نحو ١٠° الى الغرب

اذا فُرِض ان قطبي الابرة المغنطيسية امتدَّا حتى بلغا القبَّة الزرقاء ثم رُسمت دائرة مارَّة فيهما وفي سمت الراس سميت الهاجرة المغنطيسية . فان لم

يكن للابرة ميل في مكان فهاجرتهُ المغنطيسية توافق هاجرتهُ الفلكية وان كان لها ميل شرقي او غربي فهاجرتهُ المغنطيسية منحرفة عن هاجرتهِ الفلكية من الشمال والجنوب شرقًا وغربًا بقدر ميلهِ* واذا رُسم خط على كل الاماكن التي ميل الابرة فيها متساوٍ شرقًا او غربًا قيل لهُ خطُّ الميل المتساوي. واذا رُسم خط على كل الاماكن التي لا ميل فيها قيل لهُ خطُّ اللاَّميل وهو يحيط بكرة الارض ويقسمها الى قسمين شرقيٍّ يشتمل الآن على اسيا واميركا الشمالية والجنوبية وغربي يشتمل على اوربا وافريقيا. ولكنَّ خط اللاَّميل هذا وخط الميل المتساوي ايضًا لا يبقيان دائمًا في مواقع ثابتة بل تتغير مواقعهما على توالي السنين فربَّ مكانٍ يكون الميل فيهِ شرقيًّا يصير لا ميل لهُ ثم يصير ميالهُ غربيًّا . وهذا التغيُّر يسمَّى الاختلاف الدوري . ويوجد تغيُّران آخران احدهما سنوي وفيهِ تنحرف الابرة شرقًا عن ميلها الاصلي في بعض الفصول وغربًا في البعض الآخر . والآخر اليومي وفيهِ تنحرف الابرة شرقًا عن ميلها الاصلي في بعض الساعات وغربًا في



الشكل ٣٢٨

البعض الآخر. هذا فضلاً عن اختلافاتٍ أُخر غير منتظمة كما يحدث عند

ظهور للشفق القطبي مثلاً

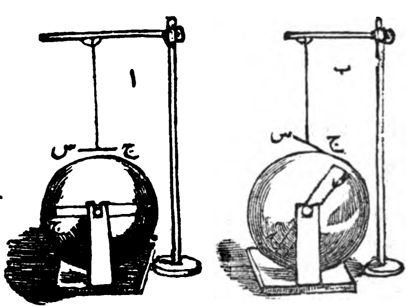
(٤١١) الحك * الحك آلة لمعرفة جهات الاشباح بميل الابرة ولمسح الاراضي ولفتح الاسراب في الارض ولارشاد السفن في البحار والراحلين في البوادي والقفار؛ ترى صورتهُ في الشكل ٣٢٨ وهو عبارة عن علبة من الخشب او المعدن مرسوم على قعرها نجمة ذات ست عشرة شعاعةٍ كلاً منها تدل على جهة من جهات الافق . وعلى محيطها دائرة مقسمة اقساماً متساوية بحيث يقع قسم الصفر منها على شعاعة الشمال وقسم ١٨٠ على شعاعة الجنوب. وفي مركزها محور من الفولاذ على راسهِ ابرة مغنطيسية تتحرَّك بسهولة الى كل الجهات

فاذا عُرِفت الهاجرة الفلكية لمكانٍ عُرِفت منها هاجرتهُ المغنطيسية بواسطة الحك . وذلك بان يدار الحك حتى تقع شعاعة ش ج منهُ في جهة الهاجرة الفلكية تماماً ثم ينظر الى اتجاه الابرة فيكون مقدار انحرافها عن ش ج هو ميل الابرة في ذلك المكان . ويصحُّ ايضاً عكس ذلك اعني انهُ ان كان ميل الابرة في مكانٍ معروفاً نعرف منهُ هاجرة المكان الفلكية من انحراف خط ش ج عن الابرة شرقاً او غرباً

اما مخترع الحك وزمان اختراعهِ فمجهولان والظاهر ان الصينيين كانوا يعتمدون عليهِ منذ زمان طويل واما الاوربيون فلم يذكروا شيئاً عنهُ حتى القرن الثاني عشر بعد المسيح. وكان الملاَّحون يعتمدون على الشمس ونجم القطب قبل استعمالهِ فلا يجترئون ان يتوغلوا في البحر ويغيبوا عن البرّ مخافة ان تغيم السماء عليهم فيضلوا . واما الان فيخوضون البحار طولاً وعرضاً ولا يخشون حلك الظلام ولا اسوداد الغمام لان الحك دليلهم فيرشدهم وهو في قبضة يدهم

(٤١٢) انتكاس الابرة * اذا علَّقنا ابرةً من الفولاذ مثل س ج بخيط (الشكل ٣٢٩) ووضعنا تحتها كرةً في داخلها مغنطيس بحيث يقع المغنطيس موازياً للابرة فسواءٌ تمغنطت الابرة او لم

تمغنط تبقى موازية للمغنطيس . واما اذا وضعنا تحتها كرةً بحيث يقع مغنطيسها مائلاً لا موازيًا للابرة (الشكل ٢٤٠) فينخفض قطبها الواحد نحو القطب الاقرب اليهِ من المغنطيس ويرتفع قطبها الآخر . وهذا ما يقال لهُ انتكاس الابرة . وكذلك الامر في



الشكل ٢٣٩ الشكل ٢٤٠

كرة الارض فان الارض تحسب مغنطيسًا عظيمًا ولذلك اذا عُلِّقت الابرة كما تقدم في مكان يبعد بعدًا واحدًا عن قطبَي هذا المغنطيس لم تنكّسَ قطبًا من قطبيها واذا عُلِّقت في مكان اقرب الى احد قطبيهِ مما الى الآخر فاذا لم تتمغنط تبقى على وضعها الاصلي ولكنهـا حالما تتمغنط تنكّس قطبها المخالف لهُ . ويقاس مقدار انتكاس قطبها هذا بتركيزها على محور افقي بحيث تتحرَّك على دائرة سمتية كما ترى في الشكل ٢٤١ فيعرف الانتكاس من الدرجات المرسومة على تلك الدائرة

وطبقًا لذلك لا يكون انتكاس في بعض الاماكن الواقعة قرب خط

الاستواء بل عند الابرة هناك افقية . ومن ثم يأخذ انتكاس القطب الشمالي في الازدياد كلما تقدمت شمالاً و ياخذ انتكاس القطب الجنوبي في الازدياد كلما تقدمت جنوباً حتى يصير انتكاس كلٍّ منهما ٩٠° اي حتى يصيرا عمودين على الافق . فاذا رُسم خطٌّ على كل الاماكن التي لا انتكاس فيها سمّي خط الاستواء المغنطيسي واذا رُسم خطٌّ على كل الاماكن التي يكون الانتكاس فيها متساوياً سمّي خط الانتكاس المتساوي . واما المكانان اللذان يكون الانتكاس فيهما ٩٠° فيسمّيان القطبين المغنطيسيين . وقد وجد القبطان روس القطب الشمالي منهما سنة ١٨٣١ في عرض ١٤′ ٧٠° شمالي وطول ٤٠′ ٩٦° غربي ووجد ايضاً الانتكاس ٣٧′ ٨٨° في الاوقيانوس الجنوبي على عرض ٧٦° وطول ١٦٨° شرقي فحسبوا من ذلك ومن غيره ان القطب الجنوبي كان حينئذٍ في عرض ٧٥½° جنوبي وطول ١٥٤° شرقي ولكنهُ لم يحقق مكانهُ حتى الآن * وكما ان ميل الابرة يختلف على ممرّ السنين والفصول والايام كذلك

الشكل ٢٤١

يختلف انتكاسها اختلافاً دورياً وسنوياً ويومياً ولكن مقدار اختلاف الانتكاس اقل من مقدار اختلاف الميل

(٤١٣) شدّة مغنطيسيّة الارض * ان قوة مغنطيسية الارض اعظم في بعض الاماكن مما هي في غيرها والعادة ان تكون على اضعفها في النواحي الاستوائية وعلى اشدّها في النواحي القطبية

ويُعرَف الفرق بين قوّتها في بعض الاماكن عمّا هو في غيرها من عدّ اهتزازات الابرة المغنطيسية في وقت معلوم. لان القوة المغنطيسية تتغيّر في مكانٍ

كمربّع عدد اهتزازات الابرة فيهِ. فان كانت الابرة تهتزّ في مكانٍ مضاعف ما تهتزّهُ في مكان آخر في وقت معين كانت المغنطيسية في المكان الأوّل اقوى مما هي في المكان الثاني باربعة امثال * هذا واذا رسمنا على خارتة الارض خط الاستواء المغنطيسي والقطبين المغنطيسيين وخط اللاميل وخطوط الميل المتساوي وخطوط الانتكاس المتساوي وخطوط الشدّة المتساوية قيل لتلك الخارتة الخارتة المغنطيسية

(٤١٤) الارض مغنطيس * ظهر مما تقدّم ان الارض توجه الابرة الى الشمال والجنوب وانها تبقيهـــا موازية للافق عند خط الاستواء المغنطيسي وتنكسها كلما قربت من القطبين المغنطيسيين . وان مغنطيسيتها تزداد شدّةً نحو القطبين المغنطيسيين وتقلّ نحو خط الاستواء المغنطيسي . فهي في كل ذلك تفعل فعل المغنطيس . هذا فضلاً عن كونها تحلّ مغنطيسية ما عليها من الحديد فان كل القضبان الحديدية كحديد التخوت والكراسي وقضبان الصاعقة وما اشبه اذا كانت عمودية على الارض تكون مغنطيسيتها محلّلة وقطبها الشمالي الى جهة الارض وقطبها الجنوبي الى خلافها كما يظهر من تقريب الابرة المغنطيسية اليها . ولا ريب ان حجر المغنطيس كان قبلاً حديدًا فمغنطته الارض بالحل المغنطيسي. ولذلك تُحسَب الارض مغنطيسًا عظيمًا ذا قطبين وخطّ استواء . ولما كان القطب الشمالي من المغنطيس يجذب القطب الجنوبي من الابرة وبالعكس فاذا حسبنا طرف الابرة المتجه الى الشمال قطبها الشمالي وجب ان نحسب قطب الارض المغنطيسي المقابل له القطب الجنوبي[1] . والشائع في الاصطلاح ان يسمّى هذا القطب الشمالي ايضًا والآخر الجنوبي فرارًا من الالتباس ولو كان الاصطلاح مخالفًا للواقع

اما مصدر مغنطيسية الارض فغير معروف والمظنون من ادلّة شتى ان

(١) الفرنساويون يحسبون القطب الشمالي من الابرة الطرف المتجه الى الجنوب والقطب الجنوبي منها الطرف المتجه الى الشمال واما الانكليز فاصطلاحهم كما في هذا الكتاب

حرارة الشمس تؤثر في الارض فتهيج فيها مجاري كهربائية وهذه المجاري تولّد فيها المغنطيسية كما سيأتي . والله اعلم

الفصل الثاني

في كهربائية الاحتكاك

(٤١٥) حدود * الكهربائية قوّة تظهر على الاجسام لاسباب شتى كالاحتكاك والضغط والتركيب والتحليل الكيميين ونحو ذلك . فاذا ظهرت على جسم بالاحتكاك او بغيره قيل ان ذلك الجسم قد تهيّج واذا انتقلت من جسم متهيّج الى جسم ثانٍ قيل ان هذا الجسم الثاني قد تكهرب

(٤١٦) كهربائية الاحتكاك * هذه الكهربائية تظهر على الاجسام باحتكاكها

فاذا مُشِط الشعر بمشط من الكوتابرخا سمع له طقطقة لان احتكاك الشعر بالمشط يهيج فيه كهربائية تفرقع . واذا حُكَّ صوف الهرّ في الظلام بدا منه الشرر لان الكهربائية تتهيج فتضيء . واذا مشى الانسان في الايام الباردة الجافّة على الطنافس بالاجربة تهيج في جسده كهربائية غير قليلة حتى انه اذا قرّب اصبعه الى حنفية الغاز يشعلها بما فيه من الكهربائية . واذا حُكَّت انبوبة من الزجاج بمنديل من الحرير تهيّجت فيها الكهربائية فتجتذب الاجسام الخفيفة ثم تدفعها

واذا قرّبها الانسان الى وجهه شعر كأنّ عليه نسيج العنكبوت

(٤١٧) الإلكترُسكُوب * الالكترسكوب آلة يعرف بها تهيُّج الكهربائية في الاجسام . وهو على اشكال شتى منها الالكترسكوب الرقّاص وهو خيط من الحرير في اسفلهِ كرة من لبّ السيسبان ومربوط من اعلاهُ براس ملتوٍ من انبوبة زجاجية (الشكل ٣٤٢) فان كانت الكهربائية مهيجة في جسم وقدّم الى كرة لب السيسبان اجتذبها ثم دفعها وان لم تكن الكهربائية مهيجة فيهِ تركها على ما هي

الشكل ٣٤٢

غير انهُ اذا كانت كهربائية الجسم ضعيفة لا تؤثّر في الالكترسكوب الرقاص فيستعاض عنهُ بالكترسكوب ورق الذهب وهو ورقتان رقيقتان من الذهب (الشكل ٣٤٣) معلّقتين بشريطة من النحاس مارة في انبوبة من الزجاج ومنتهية بقرص من النحاس ب هو غطاء القنينة التي تحوي هذه الاجزاء كلها . فاذا قُرّب الجسم المكهرب الى القرص ب تتدافع الورقتان فتبعد احداهما عن الاخرى

ب

الشكل ٣٤٣

(٤١٨) الكهربائية نوعان * ان الكهربائية نوعان زجاجيّة او ايجابيّة (+) وراتنجيّة او سلبيّة (−) فالاجسام التي كهربائيتها متشابهة تتدافع والتي كهربائيتها متخالفة تتجاذب كالمغنطيس

ولبيان ذلك : افرك انبوبة من الزجاج بمنديل من الحرير حتى تتهيج الكهربائية فيها ثم قرّبها من لبّ السيسبان في الالكترسكوب الرقّاص فتجذبهُ حتى تكهربهُ ثم تدفعهُ ولا تعود تجذبهُ ما دام مكهربًا منها . ثم افرك قضيبًا من شمع الختم بقطعة من الفرو او الصوف حتى تتهيج فيهِ الكهربائية وقرّبهُ الى لب

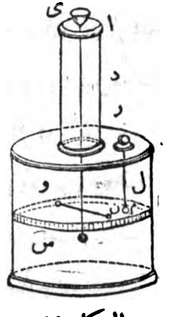
السيسبان المكهرب من الزجاج فيجتذبهُ حالاً حتى يكهربهُ ثم يدفعهُ ولا يعود يجتذبهُ ما دام مكهرباً منهُ . أعد انبوبة الزجاج على اللب حينئذٍ فتجتذبهُ اليها حتى تكهربهُ ثانيةً فتدفعهُ ثم أعد قضيب الختم عليهِ فيجذبهُ حتى يكهربهُ فيدفعهُ. فيظهر من ذلك ان كهربائية الزجاج تجذب ما تدفعهُ كهربائية شمع الختم وكهربائية شمع الختم تجذب ما تدفعهُ كهربائية الزجاج فاذًا هما نوعان مختلفان احدهما يسمَّى زجاجيًّا او ايجابيًّا لظهورهِ على الزجاج والآخر يسمى راتنجيًّا او سلبيًّا لظهورهِ على شمع الختم وهو صمغ راتنجيٌّ

اما كون الاجسام المتشابهة الكهربائية تتدافع والمتخالفة الكهربائية تتجاذب فيتضح مما يأتي علاوةً على ما تقدَّم : كهرب كرتين من لب السيسبان بكهربائية الزجاج وقرّب احداهما الى الأخرى فتتدافعان وتتباعدان كأنهما متجافيتان . وكذلك كهرب كرتين اخريين من لب السيسبان ايضاً بكهربائية شمع الختم وقرّب احداهما الى الاخرى فتتدافعان كتدافع الكرتين المكهربتين بالزجاج . ثم قدّم هاتين الكرتين الى تينك الكرتين فتتجاذب حالاً طبقًا لما تقدم من ان الاجسام المتشابهة الكهربائية تتدافع والمتخالفتها تتجاذب

(٤١٩) ناموسا الكهربائية * للكهربائية ناموسان احدهما تدافع الاجسام المتشابهة الكهربائية وتجاذب المتخالفتها وقد مرَّ . والثاني انها تتغيَّر بالقلب كمربَّع البعد فتتزيد بقدر ما ينقص مربع البعد وبالعكس

ولبيان ذلك يستعمل ميزان الفتل الذي اخترعهُ كُولُمب وهو مؤلَّف من اسطوانة من الزجاج مغطاة من اعلاها بغطاء من الزجاج ايضًا ر (الشكل ٣٤٤) وفي وسط هذا الغطاء انبوبة من الزجاج د غير ثابتة بل تُدار فيهِ عند الارادة وعلى اعلى هذه الانبوبة غطاء من النحاس ا مركَّب عليها بحيث يمكن ان يدار

بالزرّ ي . وعلى الغطاء ا هذا دائرة مقسومة ٣٦٠ درجة تدور معهُ بدورانهِ .



الشكل ٢٤٤

ويتصل بهذا الغطاء شريطة دقيقة جدًّا من الفضة طول قدمٍ منها لا يزن اكثر من $\frac{1}{10}$ القمحة معلّق بها قضيب دقيق من اللك ولهُ عند راسهِ قرص صغير من ورق النحاس . وقرب حافة الغطاء رثقب ثانٍ ينزل منهُ قضيب من الزجاج في اسفلهِ كرة من لب السيسبان مذهبة م وفي اعلاهُ مقبض من الخشب بهِ يُرفَع ويُرجَع عند الارادة . وعلى دائر الاسطوانة الزجاجية دائرة س مقسومة ٣٦٠ درجة والصفر منها واقع مقابل الكرة المذهبة م

وكيفية العمل بهذا الميزان ان يجفَّف هواؤُهُ اولاً بوضع قليل من كلوريد الكلس فيهِ فيمتصُّ رطوبتهُ. ويدار الزرّ ى حتى يقع الصفر الذي على الغطاء ا تجاه سبابةٍ عند ا لم ترسم في الشكل وتدار الانبوبة د ايضًا حتى تنحلّ شريطة الفضة من الفتل تمامًا ويمسّ القرص ن الكرة م ويقابل كلاهما الصفر على المقياس س . ثم تُرفَع الكرة م وتكهرب وترَدُّ وعندما تمسُّ القرص ن تكهربهُ فيندفع عنها وبعد ان يهتزّ مدّة يهدأُ على بُعد معيَّن عنها لان اندفاعهُ يفتل الشريطة المعلّق بها والشريطة تقاوم اندفاعهُ فتهدئهُ . ولنفرض انهُ هدأَ على بُعد عشر درجات . فاذا ادرنا الزرّ ى حينئذٍ حتى نردَّ هذا القرص الى م وجدنا انهُ لا يرتدُّ خمس درجات حتى يكون الغطاء ا قد دار خمسًا وثلاثين درجة . فتكون شريطة الفضة قد انفتلت من راسها مقابل ا خمسًا وثلاثين درجة ومن اسفلها خمس درجات : اعني انها تنفتل بردّ القرص ن خمس درجات مع مضادة دفع الكهربائية لهُ كما تنفتل لو اندفع القرص ن اربعين درجة . والاربعون درجة هي اربعة اضعاف العشر الدرجات وقوة الفتل تقاس بزواياها كما اثبت ذلك الطبيعيون بالتجربة . فاذن تكون القوة اللازمة لمقاومة قوة الكهربائية على بعد خمس درجات اربعة اضعاف القوة

اللازمة لمقاومتها على بعد عشر درجات اي ان القوة الكهربائية على بعد خمس درجات هي اربعة اضعاف قوتها على بعد عشر درجات . فاذًا قوة الكهربائية تنقص بقدر ما يزيد مربع البعد وبالعكس وهذا معنى قولنا انها تتغير بالقلب كمربع البعد . وعلى مثل ما تقدَّم يستعلم ان القوة المغنطيسية تجري على هذا الناموس (عد ٤٠٥) . وعلى الاسلوب نفسهِ يجري الامتحان اذا جذبت كرة القضيب ل القرص ن غير ان الكرة والقرص يُملآن لذلك كهربائيتين مختلفتين متساويتي المقدار . فترفع انبوبة الزجاج د قليلاً ويُعطى القرص المتحرك اذ تكون الكرة م خارجًا عن الميزان كمية ما من الكهربائية بواسطة دبوس منفصل (اي منفصل عن اليد بزجاج وسيأتي الكلام بعيد هذا عن الانفصال). والمقياس ا يوضع بحيث يبعد ن عن الصفر درجات مفروضة يعينها المقياس الاسفل س . ثم تملأ الكرة الثابتة كهربائيةً مخالفةً لتلك وترجع الى مكانها فيسير القرص حينئذٍ نحو الكرة بالجاذبية الكهربائية ولكن عائق قوة الفتل في شريطة الفضة يمنعهُ عن الوصول اليها فيبقى القرص على بعد درجات بحيث تكون موازنة بين قوة الجذب الكهربائي للجمع بينهما وقوة الفتل للتفريق بينهما . ثم حين يُدار المقياس عند ا حتى تصير تلك الدرجات مضاعف ما كانت مثلاً نرى قوة الفتل قد صارت ٤ اضعاف . وذلك ايضًا يثبت الناموس المار ذكرهُ

(٤٣٠) ماهية الكهربائية * ان ماهية الكهربائية غير معروفة بالقطع وقد كانوا قبلاً يظنون انها مادَّة سائلة لطيفة جدًّا لا وزن لها متخلّلة دقائق كل الاجسام واما الآن فيظنون انها كالنور تحصل من اهتزازات دقائق الاجسام فلا تكون مادة بل نوعًا من الحركة التي تحركها دقائق الاجسام . غير انها مهما كانت فهي في كل جسم نوعان وما دام هذان النوعان متوازنين في الجسم يقاوم احدهما قوة الآخر فلا يظهران واما اذا اختلت موازنتهما بداعٍ من الدواعي كالاحتكاك والحلّ والتركيب الكيماوي فينفصل كلٌّ منهما عن الآخر ويظهر الواحد على الجسم في جهةٍ مخالفة للجهة التي يظهر الآخر عليها . وهذه الموازنة

تختلّ باقلّ الاشياء ففي قص قطعة صغيرة من اللحم بسكين من الفولاذ وشوكة تختلّ موازنة نوعَي الكهربائية فيها حتى يظهر منها ما يكفي لتحريك ابرة التلغراف . غير انهُ كما تختل الموازنة باقل الاشياء تعود على اسهل سبيل فلا نشعر على الغالب باختلالها ولا بعودها

(٤٣١) ظهور نوعي الكهربائية معًا * كلما حُكَّ جسمٌ بآخر يختلُّ نوعا الكهربائية فيهما فيظهر احدهما على الحاكّ والآخر على المحكوك

اذا حككنا انبوبة من الزجاج بمنديل من الحرير تكهرب الزجاج ايجابًا والحرير سلبًا كما يُعرَف من تقريبهما الى الالكترسكوب . ولا يتوهَّم من ذلك ان الجسم المحكوك يتكهرب دائمًا ايجابًا والحاكُّ سلبًا لان عكس ذلك يقع في بعض الاجسام كوقوعهِ هو في غيرها . وهاك قائمة مرتبة على شكل انهُ اذا حُكَّ جسمان من الاجسام المذكورة فيها احدهما بالآخر فالسابق منهما يتكهرب ايجابًا والتالي يتكهرب سلبًا

(١) فرو الهرّ	(٤) الزجاج	(٧) الخشب	(١٠) الراتنج
(٢) الفلانلا	(٥) القطن	(٨) اليد	(١١) المعادن
(٣) العاج	(٦) الحرير	(٩) اللك	(١٢) الكبريت

(٤٣٢) الموصل والفاصل * ان الكهربائية تجتاز على بعض الاجسام باعظم صعوبة وعلى بعضها باعظم سهولة وعلى بعضها بَيْنَ بين فالتي لا تجتاز عليها الّا باعظم صعوبة يقال لها اجسام فاصلة او غير موصلة والبقية يقال لها اجسام موصلة

فالنحاس من احسن الاجسام الموصلة ولذلك يستعمل في التجارب الكهربائية

كلها والزجاج من احسن الاجسام الفاصلة. والجسم الواحد قد تختلف قوتهُ على الايصال باختلاف درجة حرارتهِ واختلاف هيئتهِ فالماء يوصل الكهربائية جدًّا على حالهِ الطبيعية ولكنهُ يزيد قوةً على الايصال بزيادة حرارتهِ وينقص قوةً على الايصال بزيادة برودتهِ او بتحولهِ بخارًا او جليدًا او ثلجًا جافًا* وقد تختلف قوة الجسم على الايصال ايضًا باختلاف حالتهِ وتركيبهِ الكيماوي فالعصا الخضراء موصلة والمشوية الجافة غير موصلة والفحم موصل والرماد غير موصل . وبالاجمال يقال ان المعادن والماء وكل الاجسام الرطبة والحيوانية والنباتية والارض نفسها موصلة واما الهواء الجاف وكل المواد الراتنجية والزجاجية ففاصلة وهاك قائمة تشتمل على اسماء اجسام اجود الاجسام الموصلة والفاصلة

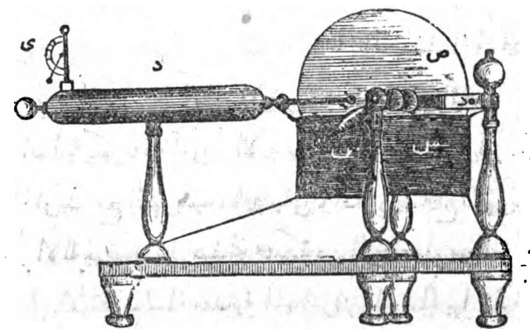
الموصلة		الفاصلة	
المعادن	الحوامض	الهواء والغازات الجافة	الشمع
الفحم	النباتات	الورق الجاف	الكبريت
اللهب	الحيوانات	الحرير والزجاج	الكهرباء
الماء	الثلج	الماس والحجارة الكريمة	اللك

(٤٢٣) حصر الكهربائية وجمعها* اذا تكهرب جسمٌ موصل لم تبقَ الكهربائية فيهِ بل حالما يمسُّ الارض التي هي موصل جيدٌ ايضًا تنتقل الكهربائية منهُ الى الارض (الحوض الكهربائي العظيم) . ولذلك لا تظهر الكهربائية على النحاس مهما حُكَّ ليس لان حكهُ لا يهيج الكهربائية فيهِ (مع ان الكهربائية تتهيج في كل جسمٍ يُحَكُّ) بل لانهُ موصل جيد فحالما تتهيج الكهربائية فيهِ تفلت منهُ وتجتاز الى جسد من يحكهُ. ولما كانت الاجسام الفاصلة لا تؤذن للكهربائية بالاجتياز عليها فاذا احاطت بجسم موصل حصرت كهربائيتهُ فيهِ ولم تفتح لها منفذًا للافلات منهُ فيقال حينئذٍ ان ذلك الموصل منصول . وعليهِ يفصلون الموصلات بعمل قوائمها من الزجاج او بوضعها على اقراص من الراتنج او بلفِّ خيوط من الحرير عليها ونحو ذلك . غير ان اجود الاجسام الفاصلة لا بد ان يسمح لقليل

من الكهربائية بالاجتياز عليهِ ولذلك لا بد من ان تفلت الكهربائية من جسم مكهرب على طول الزمان ولو فصل باحسن فاصل . هذا فضلاً عن ان رطوبة الهواء تزيد قوة الفاصل على الايصال ولا سيما الزجاج لان رطوبة الهواء تتكاثف عليهِ كثيرًا . ولذلك يعسر حصر الكهربائية في الايام الرطبة الهواء او المغيمة المطرة . وهذا هو السبب في كون الآلات الكهربائية لا تعمل جيدًا اذا كان الهواء حولها رطبًا

الآلات الكهربائية

(٤٣٤) آلة رَمْسدِن الكهربائية * الآلة الكهربائية كل آلة تُجمَع بها الكهربائية. واوّل من اخترعها أُطُو فَن كرِكي مخترع مفرغة الهواء . والغرض الآن وصف آلات كهربائية الحك وهي عديدة نذكر منها آلة رمسدن وتُعرَف بذات القرص



الشكل ٣٤٥

اشهر اجزاء هذه الآلة اربعة القرص والحاكّان والقضيب المسنّن والموصل الاعظم . اما القرص فيصنع من الزجاج ص (الشكل ٣٤٥) ويوضع بين قائمتين

من الخشب المصلب الجاف ويدار بواسطة مقبض . واما الحاكّان س س فيُصنَعان من الحرير او من الجلد المطلي بمَلْغَم وهو مزيج من التوتيا والقصدير والزئبق ويوضعان على جانبي القرص ويلصقان بهِ بواسطة لوالب حتى يحتك بهما متى دار . واما القضيب المسنّن فقضيب من النحاس لهُ على احد جوانبهِ اسنان يمتدُّ من طرف الموصل الاعظم حتى تقع اسنانهُ قبالة قرص الزجاج وقربهُ . وقد يكون في الآلة قضيبان منهُ . واما الموصل الاعظم فاسطوانة من النحاس د موضوعة على قائمة من الزجاج ومستديرة الطرفين حتى لا يسرع افلات الكهربائية منها الى الهواء ويمتدُّ القضيب المسنّن من طرفها الذي يلي القرص ولها في طرفها الآخر كرةٌ من النحاس

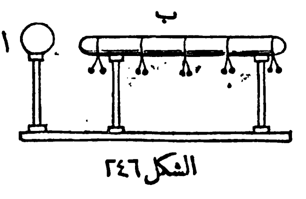
وكيفية جمع الكهربائية بهذه الآلة ان يدار القرص ص فيحك الحاكّان عليهِ فتتهيج فيهِ الكهربائية الايجابية وتتهيج فيهما الكهربائية السلبية كما يعرَف بالالكترسكوب ثم تنتقل كهربائية القرص الى اسنان القضيب المسنّن لان الكهربائية تطلب الرؤُوس كما سيجيء وتجتاز عليهِ حتى تجتمع في الموصل الاعظم المفصول على قائمة الزجاج . ثم انهُ اذا بقيت الكهربائية السلبية على الحاكّين تطلب دائمًا ان تتحد بالكهربائية الايجابية التي تتهيج على الزجاج واذا اتحدت بها عادت الموازنة بينهما ولم يمكن جمع واحدة منهما . ولذلك تُعلَّق بالحاكين سلسلة او اكثر من النحاس لم تُرسم في الشكل وتدلّى الى الارض (حوض الكهربائية العظيم) فتتحد كهربائيتهما السلبية بكهربائية الارض الايجابية وتبقى كهربائية قرص الزجاج وحدها

هذا اذا أُريد جمع الكهربائية الايجابية واما اذا أُريد جمع الكهربائية السلبية فتنفصل قوائم الآلة بوضعها على صفائح سميكة من الزجاج او من الراتينج. وتدلى من الموصل الاعظم سلسلة معدنية الى الارض لتوصلهُ بها . فبعد ما تتهيج الكهربائية بحكّ الحاكين على القرص تفلت الايجابية من الموصل الاعظم الى الارض بواسطة السلسلة المعدنية واما السلبية فتبقى على الحاكّين * واذا كانت هذه الآلة متقنة العمل جديدة الملغم وكان الهواء جافًّا تُخَطُّ فيها دوائر من النور

حول القرص مؤلفة من شرار كهربائي يظهر ما بين سطح القرص والحاك وتسمع له طقطقة ويتناول الشرار الكهربائي من الموصل الاعظم عن بعد بضعة قراريط

(٤٢٥) إلكترومتر الربع * كثيرًا ما نسمي الكهربائية بالسيّال الكهربائي وموافقةً لذلك يقال ان هذا الوعاء مملوء من السيّال الكهربائي اعني انهُ قد تكهرب. ومقدار هذا الامتلاء متفاوت. فاذا اردنا ان نعرف مقدار امتلاء الموصل الاعظم في ذات القرص استعملنا الكترومتر الربع ي (الشكل ٢٤٥) وهو نصف دائرة من العاج او نحوهِ محمول على عمود من الخشب ومقسوم مئة وثمانين درجة يبتدئ عدُّها من اسفلهِ فصاعدًا . وفي مركزهِ قضيب دقيق من عظم الحوت يتحرَّك على نفسهِ ولهُ في راسهِ كرة من لب السيسبان ويسمَّى دليل الالكترومتر. فاذا كان الموصل الاعظم خاليًا من الكهربائية كان هذا الدليل مدلًّى نحو الموصل الاعظم عموديًّا على الافق . وكلما امتلأ الموصل الاعظم كهربائية كهرب الدليل منها ودفعهُ عنهُ فيرتفع الدليل على الدرجات ويقف عند ما تبلغ الكهربائية حدَّها في الزيادة فيعرف مقدارها من الدرجات التي ارتفع الدليل عليها

(٤٢٦) الحلُّ الكهربائيُّ * اذا انفصل جسمٌ موصل للكهربائية ووُضِع على بعدٍ معيَّن من جسمٍ آخر مكهرب تكهرب هو ايضًا بانحلال نوعَي كهربائيتهِ . ولذلك يقال انهُ تكهرب بالحل



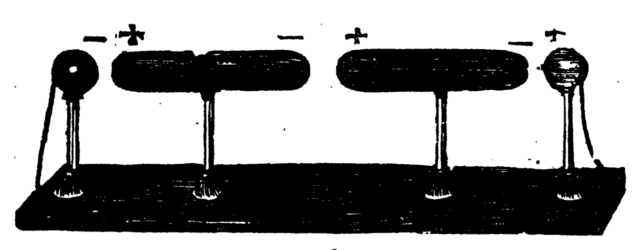
الشكل ٢٤٦

ولبيان ذلك افصل جسمًا مكهربًا مثل ا (الشكل ٢٤٦) وعلّق ازواجًا من كرات لب السيسبان على وسط جسم موصل ب وعلى اقسام أُخر منهُ كما ترى وافصل هذا الموصل بوضعهِ على قوائم من الزجاج وضعهُ قرب الجسم المكهرب ولكن أَبعد من ان

تنتقل الكهربائية اليهِ شررًا فنجد ان كل زوج من ازواج لب السيسبان تتدافع كرتاهُ وتتباعدان الاَّ الزوج المعلَّق في وسط الموصل تمامًا . وان تباعد كرات كلٍّ من الزوجين المعلقين على الطرفين يزيد عن تباعد غيرهما ويأخذ من ثمَّ في التناقص بين كل كرتين من بقية الازواج حتى يتلاشى في الوسط

ثم ان كانت كهربائية الجسم ا ايجابيَّة وقُرِّب الالكترسكوب الى الموصل ب يوجد نصفهُ المتجه الى ا سلبيًّا ونصفهُ الآخر ايجابيًّا وان كانت كهربائية ا سلبية كانت كهربائية نصف الموصل ب المتجه اليهِ ايجابية وكهربائية النصف الآخر سلبية. اي ان النصف الاقرب الى ا يتكهرب بخلاف كهربائيتهِ والنصف الأبعد يتكهرب بمثل كهربائيتهِ . فيكون كل طرفٍ من طرفَي الموصل قد تكهرب بكهربائية مخالفة لكهربائية الآخر ويقال انهُ قد استقطب

وعليهِ اذا وضعتَ موصلين او اكثر بين كرتين من النحاس كما ترى في الشكل ٢٤٧ ووصلتَ احدى الكرتين بالقطب الايجابي من الآلة الكهربائية والأُخرى بالقطب السلبي فالموصلان يتكهربان ويستقطبان بالحل الكهربائي. فتخالف كهربائية الكرة كهربائية الطرف الاقرب اليها من الموصل الذي يليها وتشابه كهربائية الطرف الابعد عنها منهُ

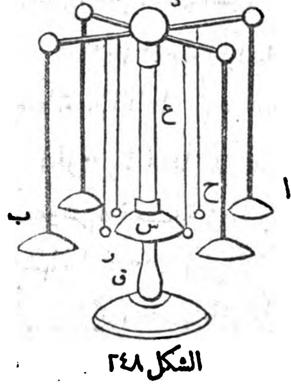


الشكل ٢٤٧

(٤٧) تعليل ٢ الحل الكهربائي * ذهب العلاَّمة فارادي في تعليل الحل الكهربائي. اولاً ان دقائق الجسم تفعل بها الكهربائية بالحل كما تفعل بالموصلات الآتي مرَّ الكلام عليها فتكهرب احد قطبيها ايجابًا والآخر سلبًا . وذلك انهُ متى

استقطبت دقيقة تحل كهربائيتها تحلّ في كهربائية الدقيقة المجاورة لها وهذه تحلّ كهربائية الدقيقة المجاورة لها ايضًا وهكذا حتى تستقطب دقائق الجسم كلهِ فيكون طرف كل دقيقةٍ منها مكهربًا بعكس كهربائية الطرف المقابل له * وثانيًا ان الدقائق التي قد انحلت كهربائيتها فاستقطبت كما تقدَّم اذا كانت في فاصل فكهربائية كلٍ منها تبقى فيها ولا تنتقل الى غيرها واما اذا كانت في جسمٍ موصل فكهربائياتها لا تبقى فيها بل تنتقل منها الى المجاورة لها حتى تجتمع الايجابية منها على طرف والسلبية على آخر كما مرَّ في استقطاب الاجسام الموصلة (عد ٤٣٦)

(٤٣٨) الجذب والدفع الكهربائيَّان * لا يحصل جذب بالكهربائية ولا دفع على الاطلاق ما لم يسبقها الحلُّ الكهربائيُّ كما في المغنطيس (عد ٤٠٦).

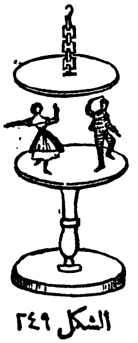


الشكل ٢٤٨

ويتضح ذلك من دق الاجراس الكهربائية (الشكل ٢٤٨) فالجرسان ا و ب معلَّقان بسلسلتين على قضيب معدني (وكذلك الجرسان اللذان يليانهما) ويتصل بهذا القضيب كرتان معدنيتان ايضًا ح ور معلقتان ومفصولتان بخيطين من الحرير ويوجد جرس آخر س متصل بالارض بواسطة القائمة ق التي هو عليها ومنفصل عن الكرة المعدنية د بفاصل من الزجاج ع. فتُوصَل الكرة د بالموصل الاعظم من الآلة الكهربائية وترسل الآلةُ الكهربائيةَ الايجابيةَ منهُ الى الجرسين ا و ب . ثم ان هذين الجرسين يحلاَّن كهربائية الجرس س فتصير كهربائيتهُ سلبية ويحلاَّن ايضًا كهربائية الكرتين ويجذبانهما حتى يملآهما من كهربائيتهما ثم يدفعانهما فيجذبهما الجرس س حتى يملأهما من كهربائيتهِ ثم يدفعها فتتراقص الكرتان بين هذه الاجراس الثلاثة فتدق تارةً هذا وطورًا هذين ما

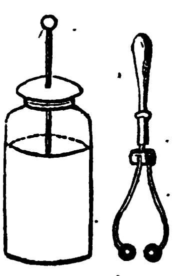
دامت الكرة د توصل الكهربائية اليها . وهكذا يقال في الجرسين الآخرين المعلقين

ويتضح ذلك ايضًا من التماثيل الراقصة (الشكل ٢٤٩) وهي تماثيل صغيرة من لب السيسبان توضع بين قرصين معدنيين اعلاها يدلى بسلسلة من الموصل الاعظم واسفلها يتصل بالارض . فعند ادارة الالة الكهربائية يتكهرب القرص الاعلى بالكهربائية الايجابية فيحل القرص الاسفل ويكهربه بالسلبية ويجتذب التماثيل ويدفعها ثم يجتذبها القرص الاسفل ويدفعها ايضًا فتتراقص بينهما[1] * وعلى ما تقدم يعلل جذب الزجاج المحكوك للبّ السيسبان ودفعه له



الشكل ٢٤٩

(٤٣٩) القنينة الليدنية * هذه قنينة من الزجاج مكتسية من الخارج ومبطَّنة من الداخل بورق القصدير الّا اعلاها من قرب منحنى عنقها فما فوق (الشكل ٢٥٠) ولها سداد من الخشب المشويّ يمرّ في وسطه شريطة معدنية في راسها تفاحة من النحاس وفي اسفلها سلسلة تتدلى الى بطانة القصدير وتملأ كهربائية بأن نقرّب تفاحتها الى الموصل الاعظم من الآلة الكهربائية ويوصل كساؤها القصديري الخارج بالارض بواسطة جسم موصل . فيجري شررٌ من الموصل الاعظم الى بطانتها القصديرية وتفرَّغ من الكهربائية بآلة يقال لها المُطلِق وهي شعبتان معدنيتان مدملكتا الراسين ولها مقبض فاصل من الزجاج . فبوضع راس احداهما على تفاحة القنينة وراس الاخرى على كسائها الخارجي فيحدث من ذلك



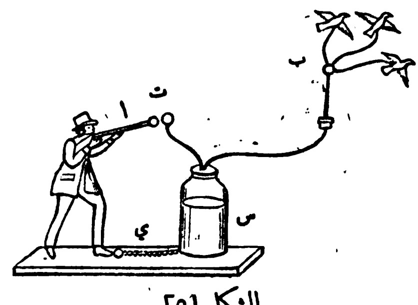
الشكل ٢٥٠

---

(١) يدار لذلك قرص الآلة الكهربائية ببطوء واذا غرزت دبابيس في اقدام التمثال مكنت دوسها

نورٌ وصوتٌ. وتنفصل اجزاء صغيرة من البطانة والكساء فتحترق وتلوّن النور وتزيده لمعانًا . ولو لمسَ الانسان التفاحة بيده الواحدة والكساء بيده الاخرى والقنينة ملآنة لشعر بهزّة عنيفة ربما تقضي عليهِ(١)

ويتضح الامتلاء والتفريغ من الشكل ٣٥١ فاذا ملئت س كهربائية تكهربت العصافير المعلقة فتدافعت وتطايرت . ثم اذا مست السلسلة ي رجل التمثال



الشكل ٣٥١

المعدني الحامل البندقية ا الماسة ت تتفرّغ القنينة بصوت كطلقة البارودة فتسقط العصافير لتفرّغ كهربائيتها ويظهر كأنّ التمثال قد رماها بالبارودة فاصابها

(٤٣٠) ايضاح القنينة الليدنية * قد تقدّم ان لفظة الامتلاء تستعمل في الكهربائية مجازًا لا حقيقةً ولذلك يكون امتلاء القنينة الليدنية من الكهربائية مغايرًا لامتلاء الجرّة من الماء فان اللوح الزجاجي يمكن ان يمتلئ كهربائيةً كما تمتلئ القنينة الليدنية اذا لُبِّس قصديرًا مثلها . فالاعتماد في هذا الامتلاء على

(١) تنسب هذه القنينة الى مدرسة ليدن الجامعة في هولاندا لان الاستاذ موشنبروك اكتشفها هناك سنة ١٧٤٦ وذلك انهُ اراد ان يكهرب الماء في قنينة فادخل في سدادها شريطة معدنية تصل الى الماء وقرّبها الى الموصل الاعظم بيده الواحدة ثم بدا لهُ ان يرفع السداد فمسك الشريطة بيده الاخرى والحال شعر بهزّة عنيفة في ذراعيهِ وصدره كادت تقضي عليهِ وابقتهُ يومين عليلاً . وبعد قليل كتب الى صديقهِ ريومير الفرنساوي رسالة يقول فيها اني لن اعيد ذلك ولو بفرنسا كلها

وجود سطحين موصلين للكهربائية يفصل بينهما جسمٌ غير موصل لها ككساء القصدير وبطانته وزجاج القنينة الليدنية بينهما . والدليل على كون القصدير لا يفيد الاَّ الايصال في القنينة الليدنية ونحوها هو انهُ اذا صنع للقنينة كساء وبطانة يُركَّبان عليها وينزعان عنها عند الاقتضاء فمتى ملئت كهربائية ونُزعا عنها لا ينفلت من الزجاج ولا من واحد منهما وحدهُ ولا من اثنين معًا من هَذه الثلاثة الاَّ قليل جدًّا من الكهربائية . ثم اذا ركّبا عليها وأُطلقت الكهربائية بالمطلق ظهرت بقدر ما تظهر لو كانا ينزعان عنها

ويتضح امتلاء القنينة من الشكل ٢٥٢ وهو صورة قطعة صغيرة من جانب من جوانب القنينة مكبَّرة ١ بطانتها و٢ كساؤها والكريَّات التي بينهما الدقائق المتألف الزجاج منها . فعند دخول الكهربائية الايجابية من الموصل الاعظم الى داخل القنينة توزّعها البطانة على القنينة فتستقطب دقائق الزجاج وتمتلئ دقائق الكساء الخارجي كهربائية ايجابية بالحل . ثم ان البطانة التي تكهربت بكهربائية الموصل الاعظم الايجابية تردُّ اليهِ من كهربائيتها السلبية قدر ما نالتهُ من كهربائيتهِ الايجابية . والكساء الذي تكهرب سلبًا يفلت من كهربائيتهِ الايجابية قدر ما نال من السلبية ولذلك اذا انفصل ولم يتصل بموصل ما ليفلت كهربائيتهُ الايجابية اليهِ ينقطع دخول الشرر الكهربائي الى القنينة . ولما كان الكساء والبطانة يفلتان قدر ما ينالان من الكهربائية فسواء امتلأَت القنينة او لم تمتلئ يكون مقدار الكهربائية فيها واحدًا وانما الفرق في الحالين انها متى امتلأَت تتوزَّع الكهربائية فيها خلاف توزعها متى فرغت . ولاجل ايضاحها بعبارةٍ ابسط واسهل نقول

الشكل ٢٥٢

انهُ في القنينة الليدنية بالوصل بين الآلة الكهربائية وبطانة القنينة تجتمع كمية وافرة على البطانة من الكهربائية الايجابية عند تشغيل الآلة فتجتذب تلك

الكمية كميةً وافرة بقدرها من السلبية من الارض الى الكساء الخارج بواسطة سلسلة معدن او موصل آخر بينهما وتدفع عنهُ الايجابية الى نحو الارض اذ تكون صفيحة زجاج فاصلةً بين الكمية الايجابية على البطانة والسلبية على الكساء فلا يتأتى تفرُّغها . واذا بطلت الآلة ورُفع الموصلان المذكوران الى مائدة مفصولة تكون قد وُضِعَتْ عليها القنينة تحفظ الكميتان المفصولتان مدَّةً . واذا وصل بينهما عند الارادة بالمُطلِق يحصل التفريغ . ثم لان الكميتين المجتمعتين بين الزجاج وكلٍّ من البطانتين تزدادان الى حدٍّ ما ولا تتجاوزانهِ وان بقيت الآلة تشتغل يقال مجازًا حينئذٍ ان القنينة قد امتلأت ويقال للكميتين المجتمعتين الامتلاء الكهربائي للقنينة . واذا وُصِل الكساء بالآلة وبطانة القنينة بالارض ينعكس العمل وتجمَّع الكهربائية الايجابية على الكساء والسلبية على البطانة

(٤٢١) البطارية الليدنية . كلما اتسع سطحا الكساء والبطانة زاد امتلاء القنينة قوة . واتساع سطحيهما اما ان يكون بتكبير القنينة او بتكثير عدد القناني الصغيرة ووصل سطوحها معًا بموصلات. ويقال لهذه القناني البطارية الليدنية وكيفية وصل بطاناتها ان يمدَّ شريط موصل من تفاحة الى أُخرى من تفاحاتها ووصل كساآتها ان توقف كلها على سطحٍ واحدٍ معدني . فتمتلأُ وتفرَّغ كالقنينة الواحدة

(٤٢٢) تجمُّع الكهربائية على الاجسام * اذا تكهرب الجسم تجمَّعت الكهربائية على سطحهِ وغلَّفت كل ظاهرهِ غلافًا رقيقًا يفلت كلما سنحت لهُ الفرصة

ولبيان ذلك طرُق شتى منها عملية بيو وهي ان تركز كرة من النحاس على فاصل من الزجاج

الشكل ٣٥٢

ثم انهُ يطبق عليها نصفا كرة مجوَّفان من النحاس لكلٍّ منهما مقبض فاصل من الزجاج ونقرَّب الى جسمٍ مكهرب حتى تمتلىءَ من كهربائيتهِ ويُنزَع النصفان

عنها حالاً بعد امتلائها ويقرّبان الى الالكترسكوب فيجذبان كرة السيسبان ثم يدفعانها في الالكترسكوب الرقّاص ويبعدان ورقتي الذهب احداها عن الاخرى في الكترسكوب ورق الذهب . واما الكرة النحاسية نفسها فلا تفعل شيئًا مما تقدّم وذلك يدلُّ على ان الكهربائية تجمّعت على سطح نصفي الكرة . وسببهُ ان دقائق الكرة النحاسية توصل كهربائيتها بسهولة الى كل الجهات فلا تتجمع الكهربائية فيها . واما دقائق النصفين اللذين عليها فلا تفلت الكهربائية منها الّا بصعوبة لانها محاطة بدقائق الهواء ودقائق الهواء غير موصلة فتتجمّع الكهربائية عليها

(٤٣٣) شكل الجسم وتوزُّع الكهربائية عليهِ * اذا كان الجسم كرويًّا توزّعت الكهربائية على كل سطحهِ بالسواء واما اذا كان مستطيلاً مرأَّسًا فتتجمّع بالاكثر على راسهِ وتطلب الافلات عنهُ من هناك

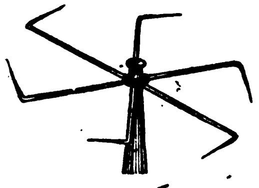
ولبيان ذلك خذ سطح البيان وهو قضيب من اللك على راسهِ قرص رقيق مستدير من المعدن ومسَّ بهِ جسمًا كرويًّا مكهربًا في اقسام متعددة منهُ وكلما مسست قسمًا بهِ قرّبهُ الى الالكترسكوب الرقاص فتجد ان مقدار جذبهِ

الشكل ٢٥٤

للب السيسبان واحدٌ دائمًا وذلك يدلُّ على ان الكهربائية متوزعة بالسواء على كل قسم من الجسم الكروي * ثم قرّب سطح البيان ا (الشكل ٢٥٤) من جسم مرأس مكهرب كالجسم النحاسي ب الموضوع على قائمة فاصلة من الزجاج فتجد ان الكهربائية المنقولة عن بعض اقسامهِ اشدُّ جذبًا ودفعًا للب السيسبان من المنقولة عن بعضٍ آخر . وان المنقولة عن راسهِ اشدُّ فعلاً من الجميع وما

ذلك الّا لان الكهربائية تطلب الروُوس وتجمع عليها

وعلى ذلك قرّب شريطة دقيقة الراس الى الموصل الاعظم من ذات القرص فيجذب راسها كل كهربائيتهِ فتظهر عليهِ لامعة كالكوكب. او ركّز هذه الشريطة على الموصل الاعظم فتتفرّغ كهربائيتهُ كشذرة من النور بسرعة عظيمة حتى انهُ اذا قُرّب لب السيسبان الى الموصل الاعظم لم يظهر كهربائيةً فيهِ . ثم قرّب خدّك من راس الشريطة فتشعر ان مجرًى من الهواء يجري منها



الشكل ٢٥٥

او ضع مصباحًا في ذلك المجرى فينحرف لهيبهُ . وذلك لان راس الشريطة يحلُّ كهربائية دقائق الهواء فيجذبها كما يجذب الزجاج المكهرب لبّ السيسبان ثم يدفعها عنهُ فتجري في مجرًى يدوم ما دام الراس مكهربًا . وعلى ذلك صُنع الدولاب الكهربائي (الشكل ٢٥٥) وهو موّلف من عدة اذرع مرأسة توضع على محور قائم على الموصل الاعظم . فمتى تكهربت روُوسها تكهرب الهواء فتجتذبهُ ثم تدفعهُ وتندفع برد الفعل فتدور على مبدإ مطحنة باركر (عد ١٥٠)

كهربائية الجلد

(٤٣٤) اذا كان حكُّ الحاكّ على قرص صغير من الزجاج يهيج كهربائيةً هذا مقدارها فلا عجب ان يكون الهواء مكهربًا على الدوام الّا نادرًا لما يحدث في الطبيعة من حك الرياح بعضها

لبعض ولوجه الارض وما عليهِ وحك الغيوم للهواء ولبعضها البعض وتأثير الحرارة في تحويل الماء الى بخار والبخار الى ماء وتأثير التغيرات الكيماوية بين تركيب وتحليل وحل كهربائية الارض السلبية لكهربائية الهواء وما اشبه ذلك مما يبطل الموازنة بين نوعي الكهربائية . وتكون كهربائية الجَلَد هذه ايجابية في الصحو وتتغيّر سريعًا من الايجابية الى السلبية وبالعكس في النوء والاضطراب

قال لفنستون السائح الافريقي ان الريح الحارة التي تهبُّ على الصحراء في جنوبي افريقية تتكهرب تكهربًا شديدًا حتى اذا هبّت على ريش النعام برهة يسيرة كهربتهُ كما تكهربهُ الآلة الكهربائية فيلصق باليد عند تقريبهِ اليها ويفقع فقعًا لطيفًا

(٤٣٥) البرق والرعد * لا فرق بين البرق والشرارة التي تتطاير من تفاحة القنينة الليدنية عند اطلاق الكهربائية منها الّا بكونهِ اعظم منها مقدارًا واشدّ قوة[1]

---

(١) اول من اثبت ان البرق من جنس كهربائية الفرك العلّامة فرنكلن وذلك انهُ صنع طيارةً من الحرير وغرز في اعلاها شريطة معدنية دقيقة الراس وطيّرها بخيط من المصيص في المطر والبرق والرعد . وعلق مفتاحًا بطرف الخيط وربطهُ بعروة من الحرير في عود من الخشب ليفصلهُ. فلما ابتلّ الخيط قرّب سلامى اصبعهِ من المفتاح فطارت شرارة منهُ اليها . قيل انهُ فرح فرحًا عظيمًا حتى لم يتمالك نفسهُ عن البكاء . وجعل يملأ القنينة الليدنية ويجرب التجارب الكهربائية على ما تقدم حتى اكتشف ان ماهية البرق وكهربائية القنينة الليدنية واحدة . وكانت تجاربهُ هذه محفوفةً بالاخطار فلما حذا حذوهُ الاستاذ رِتشمن بعدُ ببضع سنين طارت اليهِ كرة نار زرقاء من الغمام بقدر قبضة الانسان فقتلتهُ من ساعتها

ويحدث البرق من تقارب غيمتين مختلفتين في الكهربائية حتى يصير ميل كهربائية الواحدة للاقتران بكهربائية الأُخرى اشدَّ من قوَّة الهواء على فصلها فتهجم كلٌّ على الاخرى بنور باهر وصوت شديد . فالنور هو البرق والصوت هو الرعد * ويظهر البرق في السماء على اشكال شتى : تارةً يعترض يمينًا وشمالاً في نواحي السحاب راسمًا خطًّا طويلاً متعرّجًا كخط الشرارة التي تطير عن الموصل الاعظم وسبب تعرُّجهِ ان الكهربائية المتفرّغة من السحاب تضغط الهواء امامها فيقاومها حينئذٍ عن السير فتطلب طريقًا آخر مقاومة هوائهِ لها اقلُّ من مقاومة ذلك . وتارةً يكلّل حروف السحاب او ينتشر على عرضهِ فيقال له الصفيحي . وذلك لانهُ إمَّا ان يكون بعيدًا فنراهُ من خلال السحاب واما ان يكون من اضطراب الكهربائية على سحابة غير جيدة للايصال . وتارةً يظهر منعكسًا عن السماء من برقٍ بعيد فيقال له الخلّب او برق الحرّ . وتارةً ينزل على شكل كرات من النار تنفجر بعد سقوطها فتفقع بشدَّة ويقال له الكرويُّ

واما الرعد فيحدث من تصادم دقائق الهواء الذي تطردهُ كهربائية البرق امامها واما دويُّهُ فيحدث من انعكاسهِ عن الغيوم البعيدة والجبال والتلال والاودية ونحوها

(٤٣٦) الصاعقة وقضيبها * قد تمتلئُ السُّحب بكهربائيةٍ والارض بأُخرى ويفصل بينهما الهواء كما يفصل الزجاج في قنينة ليدن بين بطانة القصدير وكسائهِ . فمتى قاربت السحب سطح الارض تنقضُّ الشرارة الكهربائية منها غالبًا فتنزل صاعقةً تهلك ما تصيبهُ من الحيوان والنبات

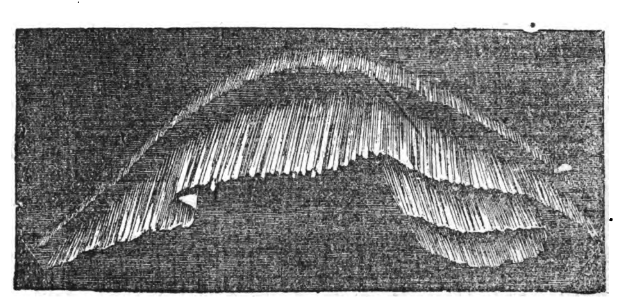
واما قضيب الصاعقة فمعروف وقد اخترعهُ فرنكلين للوقاية من الصواعق بناء على ان الكهربائية تطلب احسن الموصلات . ويجب ان يكون حجمهُ كافيًا

فان كان من حديد فلا يكون اقل من نصف عقدة وان كان من نحاس فلا اقلّ من ثلث عقدة. وان يكون دقيق الراس لتستجيره الكهربائية على غيره لانها تطلب الرؤوس كما مرّ (عد ٤٣٢) وان يكون متصلاً اتصالاً تامًّا حتى تمرّ الكهربائية عليهِ كانهُ جزء واحد لا اجزاء متعددة. وان يُصنَع راسهُ من معدن لا يصدأ ولا ينحاتّ بسهولة ولذلك يغشّى راسهُ بالذهب او يصنع من الفضة الصلبة او البلاتين. وان يمتدّ طرفهُ في الارض الى حوض من الماء او الى تربة رطبة لا تجفّ لئلاَّ تصير فاصلة فتبقى الكهربائية عليهِ وتنتقل منهُ الى الاجسام الموصلة التي تقرب اليهِ فتحدث من الأذى بهِ كما تحدث بدونهِ. وان يكون اعلى كثيرًا من الدار التي ينصب عليها لانهُ كلما علا زادت وقايتهُ اتساعًا. ويجب ان يكون على كل بناء قضيب للصاعقة او اكثر حسب اتساع ذلك البناء وان توصل المداخن التي يخرج الدخان والبخار منها بارض رطبة او بقضيب الصاعقة نفسهِ لان الكهربائية تطلبها على الخصوص لسبب ما يخرج منها. وان تتصل ميازيب الماء المعدنية وسطوح التوتيا ونحوها بارض رطبة او بالقضيب لشدَّة تعرُّضها للصواعق. والغرض من قضيب الصاعقة ردُّ موازنة الكهربائية في السحاب والارض على طريق سالمة من الاخطار. وكلما زادت قضبان الصواعق عددًا قلّ تفرُّغ الكهربائية فجأة وندر انقضاض الصواعق

واذا لم يكن للبيت قضيب فاسلم لصاحبهِ ان يكون في وسط الغرفة بعيدًا عن الموصلات من ان يكون قرب جدرانها وان يقعد او يضطجع من ان يكون واقفًا. وان كان الانسان في الفلاء فليحذر الوقوف بلصق الاشجار العالية كما يحذر الابتعاد عنها كثيرًا. لان الكهربائية تفضّل الاشجار على غيرها فان كان الانسان بلصقها انتقلت منها اليهِ فتقتلهُ واما ان كان بعيدًا عنها بعدًا معتدلاً فتقيهِ كما يقيهِ قضيب الصاعقة * ومهما يكن من فتك الصاعقة فان الباري دبَّر لمخلوقاتهِ تدابير شتى للوقاية منها. فكل ورقة من اوراق العشب الدقيقة الراس تفرّغ من كهربائية الجلَد اكثر من ثلاثة اضعاف ما تفرّغهُ ادق الابَر

وكل خرعوب دقيق الراس يفرّغ منها اكثر مما يفرّغ راس احسن قضبان الصواعق . وكل نقطة من المطر وكل رقعة من الثلج تنزل الى الارض محمّلة كهربائية تسلبها من الجَلَد والسحاب . هذا وقد تظهر لهب نارية على رؤوس السواري واسنّة الرماح وآذان الخيل ونحوها وما هي الاّ كهربائية تفلت من الارض افلاتًا لطيفًا هادئًا

(٤٣٧) الشفق القطبي * الشفق القطبي ضوءٌ يظهر في جَلَد القطبين ولا سيما الشمالي منهما ويبتدئ ظهورهُ عند آخر النهار خفيًا في الافق في جهة الهاجرة المغنطيسية (عد ٤١٠) ثم يتغير تدريجًا حتى يصير قوسًا مصفرة الضوء مقعرها نحو الارض وهذه اذا تكاملت تنتصب فوق بقعة سمراء من السماء على زاوية قائمة على الهاجرة المغنطيسية وتطلع منها شعاع نيرة تتجه نحو السمت المغنطيسي وقد تنثني كما ترى (الشكل ٣٥٦) ويتغيّر لونها من الاصفر الى الاخضر الحاني ومنهُ الى ابهى الارجواني



الشكل ٣٥٦

اما تعاليل الشفق القطبي فكثيرة والمرجَّح انهُ يحدث من جرى الكهربائية

في اعالي الجو حيث الهواء لطيف . ويؤيد ذلك بما بين الشفق القطبي والمغنطيسية من العلاقة . فانهُ اذا ظهر الشفق باهي الضياء اضطربت الابر المغنطيسية واهتزت باهتزاز اشعتهِ ذهابًا وايابًا وتأثرت اسلاك التلغراف ايضًا كأنَّ الكهربائية جارية عليها من بطارية وقد يتعاظم تأثرها بالشفق القطبي في البلاد الشمالية حتى يتعذَّر استعمالها * والمظنون ان كهربائية الجلد الايجابية تقرب الى كهربائية الارض السلبية عند القطبين فتتفرَّغان تفرُّغًا لطيفًا يظهر منهُ الشفق القطبي . واما النواحي الاستوائية فلشدَّة كهربائيتها تتفرَّغ عليها الصواعق بدلاً من الشفق * ويظهر ما يشبه الشفق القطبي بتفريغ الهواء من انبوبة وادخال الشرار الكهربائي من الموصل الاعظم اليها فينير متلونًا بالوان الشفق القطبي حسب فراغ الانبوبة

(٤٣٨) انابيب كَيْسلَر وشلاَّل كَسيوت * اما انابيب كيسلر فهي انابيب تملأ غازات متلطفة وتسدُّ بصهر فوهتها ثم يجرَى فيها مجرًى كهربائيٌّ فيضيء فيها بلون باهٍ وضوء باهر . واما شلاَّل كسيوت فكوبة من الزجاج مبطَّنة من داخلها بورق القصدير . توضع على صفيحة مفرَّغة الهواء تحت قابلة في اعلاها قضيب يصعد وينزل . ثم يفرَّغ الهواء من القابلة وينزَّل القضيب حتى يمسَّ الكوبة ويؤتى بآلة كهربائية ذات موصلين فيوصل احدها بالقضيب والآخر بصفيحة المفرغة فتجري الكهربائية على جوانب الكوبة بتموُّجات خفيفة ولون ازرق لطيف

(٤٣٩) سرعة الكهربائية * قدَّروا مدَّة وميض البرقة جزءا من الف الف جزء من الثانية . ومما يقرّب لنا ادراك ذلك انهُ اذا دار دولاب حتى لم نعد نرى سواعدهُ في النهار من السرعة واضاءت عليهِ شرارة من القنينة الليدنية رأينا سواعدهُ جليًّا . واذا ابرق البرق على شجر تلوحهُ العواصف ظهر الشجر ساكنًا لانهُ لا يتحرك حركةً يشعر بها في اثناء ظهور البرق وخفائهِ . واذا ابرق على قنبلة مدفع منطلقة في الجو ظهرت كانها مركوزة فيهِ غير متحركة للسبب

المتقدم ذكرهُ . وقد قدّر هويتستون سرعة الكهربائية على شريط من النحاس ٢٨٨٠٠٠ ميل في الثانية

(٤٤٠) تأثير كهربائية الاحتكاك * تأثير كهربائية الاحتكاك في الاجسام على ثلاثة انواع طبيعيٌ وكيميٌ وفسيولوجيٌ

(٤٤١) التأثير الطبيعي * هذا اما ان يكون بانارة الاجسام فيجعلها تضيء او باحمائها او بمغنطتها او بتكسيرها وتمزيقها وما شاكل. ولذلك اما ان يكون نورًا او حرارة او مغنطيسية او عملاً ميكانيكيًا كما يتضح من الامثلة الآتية : ليقف شخصٌ على كرسي منفصول حتى يتلئ كهربائيةً من الموصل الاعظم فيتكهرب شعرهُ و يتدافع فيقف منتصبًا. ثم اذا قرّب يدهُ الى ملعقة فيها من الايثير طارت منها شرارة فتشعل الايثير واذا كان في يدهِ قطعة من الجليد طارت الشرارة حالاً منها الى الايثير واشعلتهُ * واذا أُلصقت قطع من ورق القصدير بوجهِ لوح من الزجاج على اشكال مختلفة وصوَر متعدّدة وقرّب اللوح من الموصل الاعظم تقفز الشرارة الكهربائية من قطعة الى أُخرى من ورق القصدير فتبهج الناظرين (الشكل ٣٥٧) . واذا كسيت القنينة الليدنية وبطنت ببرادة معدنية اوْ برقع

الشكل ٣٥٧

من ورق القصدير ولوي قضيب تفاحتها حتى تمس التفاحة الكساء الخارجي ثم نقلت اليها الكهربائية من الموصل الاعظم انتقلت الشرارة على كسائها الخارجي انتقالاً سريعًا بديعًا

هذا مما يدلّ على ان الكهربائية تؤّثر نورًا في الاجسام ومما يدل على انها تؤّثر فيها حرارة انهُ اذا فُرِغت بطارية ليدنية (عد ٤٢١) قوية على شريطة معدنية ادقّ من ان توصل شرارتها تحوّل حرارةً وربما صهرت الشريطة او حوّلتها بخارًا . واما اذا زادت الشريطة ثخنًا عن تلك فتحمى حتى تحمرّ واذا

زادت ثخنًا عن هذه تحمى فقط ولا تحمرّ

وما يدل على ان الكهربائية تؤثر المغنطيسية في الاجسام انهُ اذا لُفت شريطة من النحاس حول قضيب من الفولاذ ووُصل طرفها الواحد بكساء القنينة الليدنية وطرفها الآخر ببطانتها فعندما تمرّ الشرارة الكهربائية فيها يتمغنط قضيب الفولاذ فيجتذب برادة الحديد كالمغنطيس . او اذا وضعت ابرة من الفولاذ في انبوبة صغيرة من الزجاج ولُفّ شريط النحاس على الانبوبة فعند مرور الشرارة الكهربائية في الشريط تتمغنط الابرة فتجتذب برادة الحديد

وما يدلُّ على ان الكهربائية تفعل بالاجسام فعلاً ميكانيكيًّا كالثقب والكسر وما اشبه انهُ اذا وُضعت ورقة او كرتونة بين تفاحة القنينة الليدنية وبين احد راسي المطلق فعند اطلاق الكهربائية منها تنفذ شرارتها الورقة فتثقبها . وبمثل هذا التدبير تشقّق الشرارة الخشب وتكسّر الزجاج وتفتّت الحصى

ولما كانت القوة الكهربائية قابلة التحوُّل الى امواج نور وامواج حرارة كما تقدم فلا يبعد انها ضرب من الحركة كما انهما ضربان من الحركة . ولما كانت الصاعقة كهربائية في كل اوصافها فهي تؤثر في الاجسام كلّ ما مرّ وما سيأتي من التأثيرات ولكن بقوة اشدّ واعظم

(٤٤٢) التأثير الكيمي * تأثير الكهربائية الكيميُّ هو حلها الاجسام الى العناصر التي تركبت تلك الاجسام منها او تركيبها العناصر لتحصل الاجسام منها . فاذا مُزِج عنصران معًا كالهيدروجين والاكسجين وأُطلقت شرارة كهربائية فيهما اتحدا معًا بفرقعةٍ عظيمة فيحدث الماء من اتحادهما . واذا اصابت الصاعقة مكانًا او انتقلت كهربائية الموصل من راس الى راس وافلتت الى الهواء فاحت منها رائحة كبريتية تحدث من تولّد الاوزون وهو على ما يُظنّ نوع من الاكسجين

(٤٤٣) التأثير الفسيولوجي * تأثير الكهربائية الفسيولوجيُّ هو تأثيرها في الاجسام الحية او التي ماتت منذ عهدٍ قريب . اما تأثيرها في الاجسام الحية فهو

قبض العضلات وشيء كالخدر في المفصل. وكلما قويت امتدّ تاثيرها على الجسم واشتدّ ألمها حتى ربما قتلت من تؤثّر فيه. ويتصل تاثيرها الى جماعة من الناس معًا اذا تماسكوا بالايادي فتنتقل من الواحد الى الآخر. كذا هزّ بها نولاه فرقة من العسكر عددها ١٥٠٠ عسكري * واما تاثيرها في الاجسام الميتة فانها تشنج عضلاتها تشنيجًا عظيمًا حتي تظهر كانها تتحرّك حيّة

الفصل الثالث

في الكهربائية الكلفانيّة

(٤٤٤) الكهربائية الكلفانيّة او الفُلْتائيّة تحصل بالفعل الكيمي[1] كما تحصل كهربائية الاحتكاك بالاحتكاك. وتنسب الى كلفاني او فُلتا فيلسوفين ايطاليّين لانهما اوّل من اكتشفها كما سترى

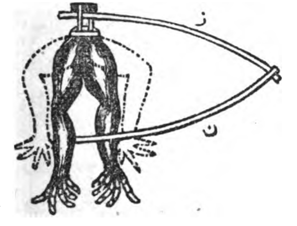
(٤٤٥) اكتشاف كلفاني * كان العلاّمة كلفاني استاذ التشريح في مدرسة بولونيا بايطاليا يجرّب تجارب في ارجل الضفادع ليعرف تاثير كهربائية الهواء في الحيوانات سنة ١٧٨٦ فاتفق انهُ علّق عددًا منها بصنانير من النحاس في

---

(١) اذا امعن الطالب نظرهُ في ما قيل في تعريف الفلسفة الطبيعية في مقدمة هذا الكتاب علم ان الكهربائية الكلفانية تربط الفلسفة الطبيعية بالكيمياء لان سببها كيميّ ونتائجها كيماوية وفلسفية

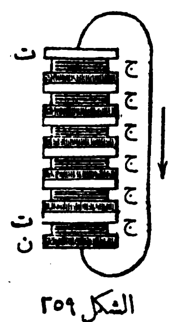
درابزون ممشى بيتهِ فرآها تتشنج كأنها حيّة اذا حرّكتها الريح فمسّت حديد الدرابزون. فكرّر التجارب وذهب الى ان تشنجها يحدث من كهربائية حيوانية فيها وان هذه الكهربائية تختلف عن كهربائية الاحتكاك وزعم انها العامل الذي تحكم بهِ الارادة على الاعضاء ·

وتكرّر تجربة كلفاني كما ياتي . تُقطع الضفدع من فقراتها القطنية فوق فخذيها بنحو قيراط وتكشف اعصابها القطنية التي هناك ثم يكشط جلدها عن ساقيها ويؤتى بشريطتين احداهما من النحاس ن (الشكل ٢٥٨) والأُخرى من التوتيا ز فيوضع طرف احداهما على الاعصاب وطرف الاخرى على عضلات الساق ويوصل الطرفان الآخران احدهما بالآخر فتتشنج الساقان تشنجًا شديدًا وتتحركان كأن الضفدع حية



الشكل ٢٥٨

(٤٤٦) اكتشاف ڤُلتا * ثم ان ڤلتا انكر الكهربائية الحيوانية التي زعم كلفاني انهُ اكتشفها ولم يزل يبحث عنها ٢٧ سنة متوالية حتى وجد ان الضفدع ليست مصدر الكهربائية وانما هي موصل رطب وليست اصلح للايصال من خرقة مبلّلة . وعلى ذلك اخترع ما يُسمّى رصيف ڤلتا (الشكل ٢٥٩) وهو صفائح من النحاس ن والتوتيا ت مرصوف بعضها فوق بعض بحيث تلي صفيحةٌ من التوتيا صفيحةً من النحاس حتى يصير طول الرصيف قدمًا ويُفصَل بين كل صفيحتين منها بقطعة من الجوخ ج مبللة بحامض او بماء ملح . ثم اذا بلّ الانسان يديهِ ولمس باصبع يدهِ الواحدة الصفيحة السفلى من الرصيف وباصبع يدهِ الاخرى الصفيحة الاخرى شعر بهزّة كهزة القنينة الليدنية



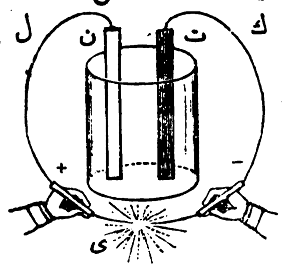
الشكل ٢٥٩

وعلى هذا المبدإ تتهيج الكهربائية اذا وُضعت قطعة من الفضة بين الاسنان

والشفة العليا وقطعة من التوتيا تحت اللسان فحالما تمسّ الفضة التوتيا يشعر الانسان بطعم خصوصي ويرى شرارة تمرّ من امام عينيهِ عند انغاضها . هذا وكان فلتا يزعم ان الكهربائية تحصل من تماسّ معدنين مختلفين . ثم بطل زعمهُ وصار المعوَّل الآن على ان الكهربائية تحصل من فعل كيمي بين المعدنين كما سترى .

(٤٤٧) الدائرة الكلفانية البسيطة * الدائرة الكلفانية تتألّف من معدنين مهيجين للكهربائية موضوعين بحيث تجري الكهربائية الايجابيّة والسلبيّة منها في جهتين متقابلتين

ولبيان ذلك : ضع صفيحة رقيقة من التوتيا في كاس من الزجاج ملآنة ماء محمضًا جيدًا بالحامض الكبريتيك (زيت الزاج) فيبتدئ الفعل الكيمي حالاً فيولّد فقاقيع صغيرة من غاز الهيدروجين تتجمع على صفيحة التوتيا وتذوب الصفيحة بسرعةٍ. ثم ارفع الصفيحة من الكاس واغمسها في الزئبق فيصير سطحها لامعًا كالمرآة ويقال انها تملغمت .



الشكل ٢٦٠

وأعدها بعد ذلك الى الكاس فلا يذوب شيءٌ منها في مائهِ المحمض وما ذلك الّا لانها قد تغيّرت طبعًا لسبب غير معروف. غير انهُ وان كان سبب تغيُّرها في تملغمها غير معروف فهي لا تستعمل في البطاريات الكلفانية الّا مملغمةً جيدًا اما كيفية استعمالها في البطاريات فهي ان تغمس مع صفيحة اخرى مثلها من النحاس في الماء المحمض. فما دامتا منفصلتين لا يظهر لاحداهما تاثير في الاخرى ولكنهما حالما تتماسّان او تتصلان باسلاكٍ معدنية كما ترى في الشكل ٢٦٠ يبتدئ الفعل الكيمي فتتولّد فقاقيع الهيدروجين المارّ ذكرها وتتجمع على النحاس ن لا على التوتيا كما مرّ . ويبقى النحاس على حالهِ واما التوتيا فتذوب كما

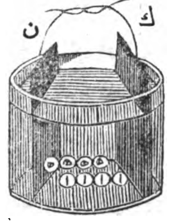
كانت تذوب قبل تملغمها . ولا يزال هذا الفعل الكيمي جاريًا حتى يفصل احد السلكين عن الآخر فينقطع وتظهر شرارة صغيرة في الظلام

فبهذا الفعل الكيمي تتهيج الكهربائية والمظنون ان الايجابية تجري من التوتيا في الماء المحمّض الى النحاس ثم تجري على النحاس وعلى السلك ل المتصل بهِ حتى تبلغ طرفهُ فيقال لهذا الطرف القطب الايجابي . والسلبية تجري من النحاس في الماء المحمّض الى التوتيا وتجري من التوتيا على السلك المتصل بهِ لثر حتى تبلغ طرفهُ فيقال لهذا الطرف القطب السلبي. ولذلك يكون قطب النحاس ايجابيًّا ولو كانت الكهربائية الجارية من النحاس في الماء المحمّض سلبية ويكون قطب التوتيا سلبيًّا ولو كانت الكهربائية الجارية من التوتيا في الماء المحمض ايجابية . فكهربائية كل قطب تخالف كهربائية المعدن المتصل بهِ وتلتقي الكهربائيتان عند ى . وكثيرًا ما يلبّس القطبان بلاتينًا ليقيهما من السوائل التي يغمسان فيها فلا تاكلها ولا تذيبها . ويقال لاتصال القطبين وصل الدائرة ولفصلها فصل الدائرة . ويقال لكل صفيحتين من المعدن متصلتين على ما تقدّم في الدائرة الكلفانية زوجًا فلتائيًّا ويشترط فيهما ان تكون كهربائية احداهما ايجابية وكهربائية الأُخرى سلبية وان تغمسا في سائل يؤثّر في واحدة منهما فقط ولا يؤثّر في الاخرى او يؤثّر في الواحدة اكثر مما يؤثّر في الاخرى والّا فلا تتهيج الكهربائية فيهما . لانهُ بتأثير السائل في الواحدة تفقد الموازنة بين نوعي كهربائيتها فيفلت احدهما جاريًا الى الصفيحة الاخرى . ولذلك اذا تأثّرت كل منهما بالسواء اقنت الكهربائية التي تفلت من الواحدة الكهربائية التي تفلت من الاخرى فلا تجري في مجرًى. ويقال للصفيحة التي تذوب في الحامض فتفلت كهربائيتها الصفيحة الايجابية وللاخرى السلبية

(٤٤٨) تعليل التغيير الكيمي * يعلّل التغيير الكيمي الذي يطرأُ على الزوج الفلتائي تعليلاً بسيطًا هكذا : كل دقيقة من الماء المحمّض مركّبة من جوهر من الاكسجين وجوهرين من الهيدروجين . فالاكسجين يتحد بالتوتيا

ويكوّن اكسيد التوتيا . وهذا الاكسيد يتحد بالحامض الكبريتيك المحمض بهِ الماء فيتكوّن من اتحادهما كبريتات التوتيا التي تذوب في الماء. واما الهيدروجين فيبقى مستقلاً بنفسهِ فيصعد الى سطح السائل ويفلت من هناك

اما سبب افلات الهيدروجين من النحاس فيتضح اتضاحًا بسيطًا مما يأتي : لنفرض ان دقائق الماء تمتدُّ مصفوفة من صفيحة التوتيا الى صفيحة النحاس (الشكل ٢٦١) فلا يخفى ان كل دقيقة منها مؤلفة من جوهرين من الهيدروجين وجوهر من الاكسجين[1] فالتوتيا كهربائيتها ايجابية والاكسجين كهربائيتهُ سلبية ولذلك تجتذب التوتيا الاكسجين اليها وتدفع الهيدروجين لان كهربائيتهُ ايجابية . فيندفع جوهر الهيدروجين الى



الشكل ٢٦١

دقيقة الماء التي تليهِ ويطرد هيدروجينها ويتحد باكسجينها . ثم ان الهيدروجين المطرود ينقضُّ على دقيقة الماء التي تليهِ فيطرد هيدروجينها ويتحد باكسجينها وكذلك يتحد هذا الهيدروجين المطرود باكسجين الدقيقة الموالية لهُ وهلمَّ جرًّا حتى يبقى هيدروجين الدقيقة الاخيرة بلا اكسجين يتحد بهِ فيجذبهُ النحاس السلبي الكهربائية فيعطيهِ الهيدروجين كهربائيتهُ الايجابية ويطير الى الهواء . فكلما طار جوهر من الهيدروجين يتناول النحاس كهربائيتهُ ويزيد المجرى الكهربائي قوةً

(٤٤٩) المجرى الفلتائي * ان لفظة "مجرى" كثيرة الورود في المباحث الكهربائية ولا تستعمل حقيقةً بل مجازًا لان المراد بها ليس الجري المعهود كجري الماء في النهر الذي فيهِ تنتقل كل دقيقة من منشإِ النهر الى مصبهِ بل انتقال القوة الكهربائية فقط على دقائق الجسم . وبين ذلك الجري وهذا الانتقال فرق ظاهر فاننا اذا ملأنا انبوبة طويلة ماء ثم ادخلنا نقطة أُخرى من الماء اليها فعند حلولها فيها تُخرِج نقطة بقدرها من طرف الانبوبة الآخر وذلك

---

(١) لم يرسم الاجوهر واحد لكل منها في الشكل لزيادة التسهيل

ليس لانها هي عينها تدخل من طرف الانبوبة الواحد وتخرج من طرفها الآخر بل لان القوة انتقلت منها على كل دقائق الماء حتى أخرجت النقطة الاخيرة . هكذا جري القوة الكهربائية

هذا وقد تقدم ان الكهربائية الايجابية تجري في كل زوج فلتائي من التوتيا في السائل الى النحاس ومن النحاس على السلك ثم اذا اتصلت الدائرة ترجع الكهربائية الى التوتيا واذا انفصلت الدائرة تظهر عند قطب النحاس . وكذلك السلبية تجري من النحاس وترجع اليهِ في اتصال الدائرة وتظهر عند قطب التوتيا في انفصال الدائرة . ولذلك يكون في كل دائرة كلفانية مجريان كهربائيان ايجابي وسلبي . ولدفع الالتباس تطلق لفظة المجرى على الايجابي فقط فكلما وَرَدت كان المراد بها الكهربائية الايجابية . واما السلبية فيسكت عنها

واعلم انهُ عند ما ينتقل المجرى على الاجسام الموصلة كالاسلاك والقضبان المعدنية فسواء كان مصدرهُ كهربائية الاحتكاك او الكهربائية الكلفانية ينتقل على كل دقيقة من دقائق الموصل لا على ظاهرهِ فقط . وذلك ان كل دقيقة تستقطب وتمتلئ كهربائية ثم تفرّغ كهربائيتها الى الدقيقة التي تليها وهكذا حتى يجري المجرى على طول الموصل باستقطاب دقائقهِ وتفريغها للكهربائية . ولما كانت سرعة المجرى عظيمة جدًّا كانت سرعة استقطـاب دقائق الموصلات وتفريغها للكهربائية مما يكاد لا يدرك

(٤٥٠) البَطارِيَّة * البطارية ازواجٌ فلتائية مجموعة على شكل انها تزيد المجرى الكهربائي قوةً ودوامًا . وهي على اشكال شتى بعضها في ما ياتي

(٤٥١) بطارية سمِيّ * هذه مؤلفة من عدة كؤوس من الزجاج فيها حامض كبريتيك مخفف فيغمس في كلٍّ منها صفيحتان من التوتيا بينهما صفيحة من الفضة والصفائح الثلاث مضمومة ومشدودة معًا بلوالب . الَّا ان فقاقيع غاز

الهيدروجين الذي يتولّد في اثناء الفعل الكيمي تجمَّع على وجهِ صفيحة الفضة الاملس فتعيق المجرى الكهربائي وتضعفهُ ولذلك تخشَّن صفيحة الفضة بپلاتين مقسَّم اقساماً دقيقة

واعلم ان كل ما يستعمل فيهِ سائل واحد من البطاريات يضعف تهيج الكهربائية فيهِ من تجمع الهيدروجين على المعدن الذي يوضع مع التوتيا. ولذلك قلَّلوا استعمال هذه البطاريات وجعلوا غالب استعمالهم لبطاريات ذات سائلين

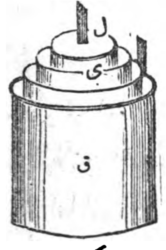
(٤٥٣) بطارية كروف وفعلها الكيميّ * هذه البطارية من ذوات السائلين وهي مؤلفة من قنينة من الزجاج فيها حامض كبريتيك مخفف. واسطوانة توتيا اا (الشكل ٢٦٣) موضوعة في الحامض الكبريتيك ولها شقٌّ على جانبها ليدخل الحامض منهُ اليها. وكاس فخار ذي مسام د مملوءةٍ حامضاً نتريكاً وموضوعة في اسطوانة التوتيا. وورقة رقيقة من الپلاتين مغموسة في الحامض النتريك الذي في كاس الفخار

الشكل ٢٦٣

اما الفعل الكيمي الذي يحدث في بطارية كروف فهو هذا:
ينحلُّ ماء الحامض الكبريتيك الذي في القنينة الخارجية الى عنصريهِ الاكسجين والهيدروجين. اما الاكسجين فيتحد بالتوتيا والحامض الكبريتيك ويكوّن معها كبريتات التوتيا واما الهيدروجين فلا يفلت كما يفلت من بطارية سميّ بل ينفذ الى باطن كاس الفخار ويتحد بالحامض النتريك الذي فيهِ فيكوّن ماء واكسيد النتريك. فيمتصُّ الماء اكسيد النتريك اولاً ثم يأخذ هذا الاكسيد يفلت من الماء دخاناً اكالاً احمر كالدم. واذا كانت التوتيا ملغمةً جيدًا فما دام القطبان منفصلين لم يحدث فعل كيمي بل كمنت الكهربائية في البطارية كما يكمن الاسد في عرّيسهِ حتى يتصل القطبان فياخذ السائل في الجيشان وتاخذ القوة الكهربائية في الوثوب من قطب الى آخر

(٤٥٣) مزايا بطارية كروف * من مزايا بطارية كروف اولاً ان الهيدروجين لا يجتمع على الصفيحة السلبية (البلاتين) لان الحامض النتريك يمتصهُ . وثانيًا ان السائل الذي يتكوّن في كاس الفخّار الداخلية موصل جيد للكهربائية . وثالثًا ان البلاتين اصلح للسلبية من النحاس لان الحامض لا يؤثّر فيهِ قدر ما يؤثّر في النحاس فلا يجري منهُ مجرًى كهربائي يضاد المجرى الجاري من التوتيا ولذلك يكون البلاتين والتوتيا زوجًا ثلثائيًّا اصلح من زوج النحاس والتوتيا لتهييج الكهربائية . ورابعًا ان انحلال الحامض النتريك الذي في كاس الفخار بالهيدروجين كما تقدّم يهيج مقدارًا وافرًا من الكهربائية علاوة على ما يهيجهُ الزوج الثلثائي

(٤٥٤) بطارية بُنْسِن * بطارية بنسن كبطارية سيّ وانما تختلف عنها بان فيها قضيبًا من الفحم المحضر بدلاً من ورقة البلاتين في كاس الفخار . ولما كان هذا الفحم موصلاً جيدًا للكهربائية كان يقوم مقام البلاتين في كهربائية كروف حال كونهِ ارخص منهُ كثيرًا . ترى صورة هذه البطارية (الشكل ٢٦٣) ق وعاء الزجاج فيهِ اسطوانة التوتيا و ى كاس الفخار ذات المسام فيها قضيب الفحم مغموس في الحامض النتريك



الشكل ٢٦٣

(٤٥٥) بطارية دانيال الدائمة * هذه مؤلفة من اسطوانة من النحاس في جوفها مذوّب كبريتات النحاس (الشب الازرق) وكاس فخار ذات مسام فيها حامض كبريتيك مخفف وقضيب من التوتيا

(٤٥٦) كمية الكهربائية وشدتها * قد تكون كمية الكهربائية في البطارية عظيمة وشدّتها قليلة وقد تكون شدتها عظيمة وكميتها قليلة . والفرق بين الكمية والشدّة ان الكمية ينظر فيها الى المقدار واما الشدة فالى الفعل . مثالهُ ان كاس الماء الغالي اشدُّ حرارةً من دست الماء الفاتر ولكن كمية الحرارة التي في الدست اعظم من كمية الحرارة التي في الكأس * اما شدّة كهربائية البطارية

فتتوقف على عدد الكؤوس المستعملة فيها واما كميتها فعلى حجم تلك الكؤوس فاذا اردنا ان نزيد كهربائية البطارية شدَّةً وصلنا صفيحة التوتيا التي في الكاس الواحدة بصفيحة النحاس التي في الكاس الأخرى وهلمَّ جرًّا . واذا اردنا ان نزيدها كمية وصلنا صفائح التوتيا في كل الكؤوس معًا وصفائح النحاس معًا. وتفضّل الكهربائية الشديدة على العظيمة الكمية اذا اقتضى ان تجري على جسم يقاوم جريها ويفلت جانبًا منها . والاجسام التي تقاوم جري الكهربائية هي التي لا توصلها جيدًا . فكلما زاد الجسم جودة في الايصال قلّت مقاومته للكهربائية كالفضة والنحاس والذهب . وكلما قلّ جودة في الايصال زادت مقاومته لها كالزئبق والرصاص والحديد والپلاتين والسائلات

(٤٥٧) مقابلة كهربائية الاحتكاك بالكهربائية الكلفانية *

كهربائية الاحتكاك تتهيج من احتكاك الاجسام والكهربائية الكلفانية من الفعل الكيمي وهما واحد في الماهية ولكنهما يختلفان في بعض الامور كما سترى

فكهربائية الاحتكاك صخّابة فجائية متقطعة والكهربائية الكلفانية ساكنة قوية مستمرّة . كهربائية الاحتكاك كاللطمة السريعة العنيفة والكلفانية كالضغط المستمر الدائم على حال واحدة . كهربائية الاحتكاك تمتاز بالشدّة والكلفانية بالكمية . كهربائية الاحتكاك كالبرق تقفز من جهة الى اخرى ولو توسط الهواء بينهما مسافة اميال كثيرة والكلفانية تدور حول الارض على الموصل ولا تقفز فتتجاوز نصف قيراط من الهواء . اقوى آلات كهربائية الاحتكاك لا يكفي لنقل رسالة واحدة برقية والكلفانية تنقل رسائل من جانب الى جانب من الاوقيانوس متهيجةً في بطاريات صغيرة لا تزيد عن رقعة من التوتيا ودمعة من الماء في كبسولة البارودة . كهربائية الاحتكاك لا تحلّ قمحة من الماء ولو أُطلقت فيها القنينة

الليدنية سنة آلاف الف طلقة (وذلك يملأ غيمة راعدة مساحتها خمسة وثلاثون فدانًا) وبضع كؤوس من الكلفانية تحل ذلك الماء على غاية من السهولة . هذا وقد غمس فارادي زوجًا فلتائيًا من البلاتين والتوتيا في مذوّب نقطة من زيت الزاج في ٣٢ درهما من الماء فهيج في ثلاث ثوانٍ كهربائية حرفت ابرة الكلفانومتر الذي سيذكر (عد ٤٦٧) بقدر ما تحرفها كهربائية ثلاثين دورة من دورات القرص في آلة قوية . ولو جُمِعت كهربائية الثلاثين دورة هذه في جزء من مليون جزء من الثانية (وهي مدة الشرارة الكهربائية) لقتلت المرء من شدتها ومع ذلك فيقتضي ثماني مئة الف طلقة من هذه الطلقات لحل قمحة من الماء فقط

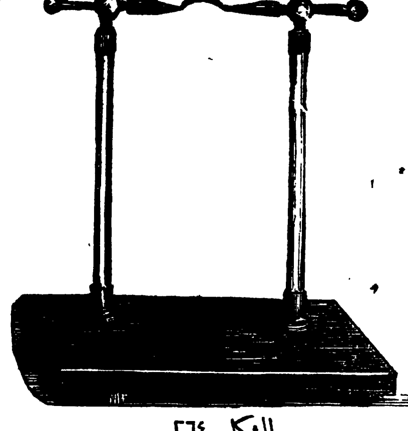
(٤٥٨) تاثير الكهربائية الكلفانية * تاثيرها اما طبيعيٌّ او كيميٌّ او فسيولوجيٌّ كما سيتضح بالتفصيل

(٤٥٩) تاثيرها الطبيعي * تاثيرها الطبيعي اولاً الحرارة . فاذا مرَّ مجرًى من الكهربائية على شريطة ادقّ من ان توصلة تحوّل عليها الى حرارة . وكلما قلّت قوة الشريطة على الايصال[١] فزادت مقاومتها له اسرع تحوُّل الكهربائية عليها الى حرارة. وعليهِ اذا وُصل شِريط دقيق من الفولاذ طولهُ عدة قراريط بعشر كؤوس او باثنتي عشرة كاسًا من كؤوس كروف تشتدُّ حرارة الكهربائية عليهِ حتى تصهرهُ او تطيرهُ دخانًا. واذا وصل شريط دقيق من البلاتين ببطارية قوية حمي جدًّا واضاء * وعلى ذلك يشعل اللغم والتوربيد فانهم يمدون شريطين من النحاس من البطارية على البارود او نحوهِ في اللغم ويفصلون بين قطبيهما بشريطة صغيرة من الفولاذ فتحمى الشريطة عند وصل الدائرة من تحوّل الكهربائية عليها الى حرارة حتى تشعل البارود او ما ينوب منابهُ

---

(١) قد عرِف بالتجربة ان الموصل المعدني تزيد مقاومتهُ للكهربائية بقدر ما يزيد طولهُ ويقل ثخنهُ

(٤٦٠) وثانيًا النور * فاذا فُصِلت الدائرة الكلفانية او وُصِلت حصل من ذالك شرارة كهربائية يتوقّف حجمها على شدّة المجري الكهربائي . واذا استُعملت بطارية متعددة الكؤوس وثُبّت احد قطبيها بمِبرَدٍ وحُكّ قطبها الآخر عليهِ حصل نور باهي الالوان. واذا كانت البطارية قوية وجُعِل لها قطبان من الفحم او من كربون الغاز ثم فُصِلا قليلاً انتصبت بينها قوس باهرة الضياء (الشكل ٢٦٤) وذلك ان النور ينبثق من القطب الايجابي كاللسان ويمتد الى القطب السلبي متنقلاً حولهُ

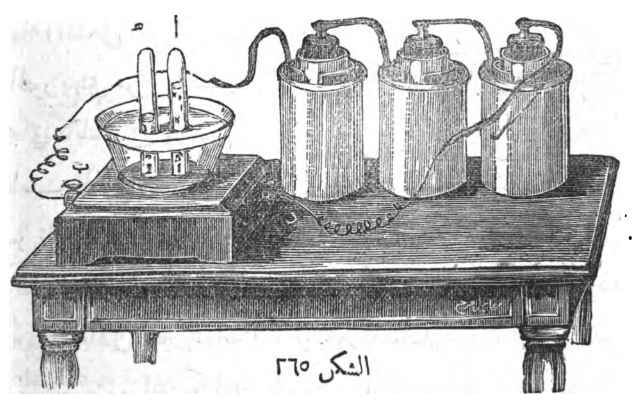


الشكل ٢٦٤

فيلحس تارةً جانبهُ الواحد وأُخرى جانبهُ الآخر. وتكون حرارتهُ شديدة جدًّا حتى انهُ اذا وُضع الپلاتين فيهِ ذاب كما تذوب الشمعة من حرّ اللهيب . واذا وُضع غيرهُ من المعادن احترق واضاء بلونهِ المميّز لهُ. واذا وُضع الكلس والحجار الصماء ونحوها صُهِرَت وسالت كالماء . وليست حرارتهُ هذه حاصلة من اشتعال الفحم باتحادهِ باكسجين الهواء لانها تبقى كما هي ولو فُرّغ الهواء من حواليهِ. ولما كان النور الكهربائي يفوق سائر الاضواء التي يستعملها البشر لمعانًا كان تعميم استعمالهِ عوضًا عنها من اعظم المنافع . وقد حاول اديصَن الاميركاني تعميم استعمالهِ منذ سنة ١٨٧٨ ولم يستتب لهُ ذلك تمامًا الى الآن * هذا ومما يستحق ذكرهُ ان اصل النور الكهربائي هو في البطارية حيث تحترق التوتيا باتحادها بالاكسجين ولكن لا يظهر نور ولا حرارة من قوة احتراقها حتى تنتقل تلك القوة الى القطبين فتظهر نورًا كهربائيًا وحرارةً. وذلك بمثابة نقل ضوء النار وحرارتها الى حيث يراد مع بقائها هي في المكان الذي أُضرمت فيهِ

(٤٦١) تاثيرها الكيمي * اولاً . حلّ الماء . اذا كان قطبا البطارية من البلاتين ووُضِعا منفصلين قليلاً في كاس من الماء انحلّ الماء وطفت فقاقيع صغيرة على وجهه . وإذا كان قطبا البطارية من النحاس ووُضعا في الكاس صعدت الفقاقيع من عند القطب السلبي فقط ولم تصعد من عند الايجابي . وعند جمع الغازات من هذه الفقاقيع يوجد انها اكسجين وهيدروجين وان جرم الهيدروجين مضاعف جرم الاكسجين

ولبيان ما تقدّم ضع الماء محمّضاً بقليلٍ من حامض الكبريتيك في وعاء من الزجاج موضوع على قاعدة من الخشب كما ترى في الشكل ٢٦٥ وأَدخل



الشكل ٢٦٥

في قعرهِ قطبي البلاتين وصلهما بواسطة شريط من النحاس باللولبين د وب . واقلب فوق كلٍّ منهما انبوبة من الزجاج مملوءة من الماء فينحلّ الماء عند تهيج الكهربائية وتجمع فقاقيع الاكسجين في الانبوبة ا وفقاقيع الهيدروجين في الانبوبة ه ويذهبون في تعليل ذلك كما ذهبوا في تعليل التغيير الكيماوي (عد ٤٤٨) ومن الغريب انهُ كلما احترق جوهر من التوتيا في البطارية يتهيج من الكهربائية ما يكفي لحلّ جوهر اكسجين من الماء عند القطب الايجابي . وذلك يدل على وجود علاقة شديدة بين الالفة الكيماوية والكهربائية وربما دلّ على ان الواحدة هي عين الأُخرى

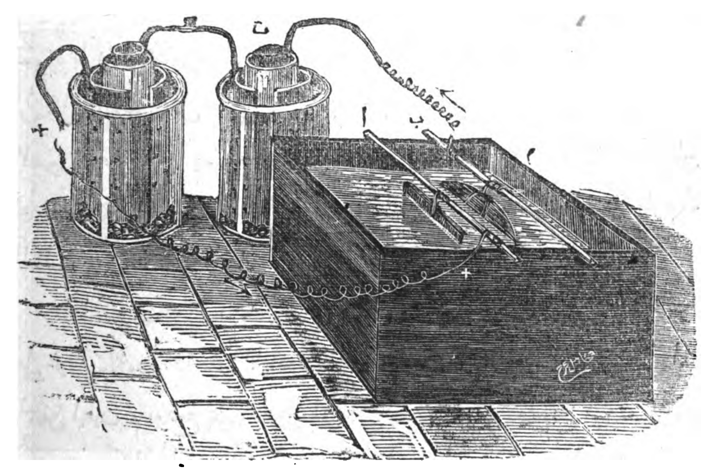
(٤٦٣) ثانيًا حلُّ الاجسام المركَّبة. والاجسام الايجابية الكهربائية والسلبية الكهربائية * اوّل جسمٍ انحلّ بالكهربائية على ما تقدم هو الماء وذلك سنة ١٨٠٠ ثم انحلّت اجسام متعددة كذلك وثبت انها مركبة من عنصرين او اكثر بعد ما كانت تعدُّ عناصر بسيطة. ومما يعتبر في هذا الحلّ ان بعض العناصر كالهيدروجين واكثر المعادن يذهب الى القطب الايجابي فيحسب سلبيّ الكهربائية (لان الكهربائية الايجابية تجذب السلبية) وبعضها كالاكسجين والكلور والكبريت يذهب الى القطب السلبيّ فيحسب ايجابيّ الكهربائية لما هو واضح

(٤٦٤) ثالثًا الافراغ بالكهربائية * هذا يُسمّى عند الافرنج الالكترُوتيب ويراد بهِ الطريقة التي بها ترسب المعادن من مذوّباتها بواسطة الكهربائية لنقل صورة بارزة او محفورة على الخشب او لعمل حروف المطابع وما شاكل. ولا يخفى ان نقل الصور كنقل صورة تمثال مثلاً يتمُّ في المعتاد بعمل قوالب مجوَّفة كتلك الصورة وصهر الحديد ونحوهِ على النار. وافراغهِ مصهورًا في تلك القوالب فيخرج بعد جمودهِ كالتمثال المنقول. واما في الافراغ بالكهربائية فلا يلزم الاّ القالب ثم تُفرِغ الكهربائيةُ المعدن فيهِ بلا نار ولا صهر

اما القالب فيصحُّ ان يكون شمعًا او كوتابرخا او غيرهما ويفضل الكوتابرخا على غيرهِ ولا سيما اذا كان المراد نقلهُ صغيرًا. والكوتابرخا صلب فينقع في الماء السخن ليلين ثم يوضع على الصورة المراد نقلها ويضغط عليها فان كانت الصورة من معدن كالنيشان مثلاً تنطبع عليهِ فينفل عنها بسهولة بعد ما يبرد. وان كانت الصورة من الجبسين لا ينفصل عنها الاّ بصعوبة وربما تمزّق قبل فصلهِ ولذلك تدهن بفرشاة بالرصاص الاسود قبل الطبع عليها فيسهل اقتلاع الكوتابرخا عنها

وبعد الفراغ من القالب على ما تقدّم نفرِغ الكهربائيةُ المعدن فيهِ على ما ياتي: لنفرض انا اردنا افراغ النحاس فيهِ فنملأ حوضًا مثل الحوض م (الشكل ٢٦٦) من مذوّب كبريتات النحاس ونمدّ عليهِ قضيبين من النحاس ا و ب من جانب

الى جانب ونصل احدها بالقطب السلبي والآخر بالقطب الايجابي من بطارية كروف او بطارية دانيال (هذه تفضَّل لدوامها). ونعلّق القالب بالقضيب ب ونعلق سبيكة من النحاس بالقضيب ا فتتمّ الدائرة وتحلّ الكهربائية كبريتات النحاس الى حامض كبريتيك ونحاس. اما النحاس فيرسب عند القطب السلبي على القالب واما الحامض الكبريتيك فيذهب الى القطب الايجابي حيث سبيكة النحاس فيحلّ جزءا منها ويتركّب معهُ فيصيران كبريتات النحاس فيستعاض بهِ عما انحلّ من كبريتات النحاس اولاً. ولذلك يبقى كبريتات النحاس على حالةٍ واحدة من التركيز اي انهُ يبقى في المذوَّب على كمية واحدة.



الشكل ٣٦٦

وبعد ان يرسب على القالب ما يكفي من النحاس يرفع وينزع الكوتابرخا عنهُ واذا أُريد نقل مثال ثانٍ عن مثال النحاس هذا يطلى قفاهُ بطلاء من الفرنيش حتى لا يعود يوصل الكهربائية ويغمس في مذوَّب كبريتات النحاس فيرسب النحاس عليهِ حتى يصير سمكهُ قدر المطلوب ثم ينزع عنهُ هذا الراسب بسهولة فيكون مثلهُ. كذا تنحس حروف المطابع واوراق الاشجار والحشرات والاثمار والازهار ايضاً. كل ذلك ولا احد يسمع للكهربائية صوتاً ولا يرى لها هيجاناً

(٤٦٤) رابعًا التلبيس بالكهربائية . الفرق بين الافراغ والتلبيس انهُ في الافراغ ينقل عن القالب مثالٌ لهُ وفي التلبيس يكسى القالب نفسهُ كساء دائمًا لا ينزع عنهُ من الفضة او الذهب او النحاس. والمعادن التي يسهل تلبيسها كثيرًا الفضة الجرمانية والنحاس وفضة النكل وهي مزيج من النحاس والتوتيا والنكل تصنع منهُ احسن الآنية الملبَّسة . ويقتضي للامتعة ان تعدَّ على ثلاث طرُق حتى تصير صالحة للتلبيس. فاولاً تحمى حتى يذوب عنها ما يلصق بها من المواد الدهنية وثانيًا لمَّا كان النحاس يلبَّس اكثر من غيرهِ وكان احماؤُهُ على ما تقدم يكسوهُ كساء من اكسيد النحاس الاوَّل فلذلك يغمس حاميًا في حامض نتريك مخفف جدًّا حتى يذوب الاكسيد عنهُ ثم يفرك بفرشاة قاسية ويغسل بالماء المقطَّر و يجنَّف بطمرهِ في دقيق نشارة الخشب محمًى قليلاً. وثالثًا يزال عن الامتعة كل ما يلوثها من الاقذار بغمسها في الحامض النتريك ثم في مزيج من الحامض النتريك والملح والكَتن وغسلها جيدًا بالماء المقطَّر وتجنيفها في دقيق النشارة كما سبق

و بعد ذلك تعلَّق بالقطب السلبي من بطارية ذات ثلاث كؤوس او اربع وتغطس لتلبيسها الفضة في مغطس حرارتهُ ما بين ١٤٠° و١٨٠° ف حتى تلبَّس قدر المطلوب . واما المغطس ففي تركيبهِ اختلاف كثير. والغالب في الاستعمال ان يستحضر بتذويب جزئين من سيانيد الفضة وجزئين من سيانيد البوتاسيوم في ٢٥٠ جزءًا من الماء وتعلَّق سبيكة من الفضة بالقطب الايجابي وتغطس في المغطس للتعويض عن الفضة التي ترسب من المغطس في التلبيس فيبقى المغطس على قوة واحدة كما تقدم في الافراغ (عد ٤٦٣)

والتلبيس بالذهب كالتلبيس بالفضة الاَّ ان الذهب يستعمل في المغطس عوضًا عن الفضة وكذلك السبيكة تكون من الذهب . ويصنع المغطس بتذويب سيانيد الذهب في مذوَّب سيانيد البوتاسيوم بالماء

والتلبيس بالنحاس كالتلبيس بالذهب والفضة ولكن بابدال الذهب والفضة بالنحاس . ويصنع المغطس لهُ بتذويب كبريتات النحاس في الماء حتى يشبعهُ

(اي حتى لا يعود يذوب فيهِ) ثم يصبُّ فيهِ نحو نصفهِ من الماء مع شيء يسير من الحامض الكبريتيك. والغالب ان تلبّس بهِ المعادن التي لا تلبس الذهب جيدًا كالحديد والفولاذ والتوتيا والقصدير والرصاص والخشب وذلك بعد دهنها بسحوق الرصاص الاسود ليصح تلبيسها ذهبًا حينئذٍ

(٤٦٥) تاثيرها الفسيولوجيّ * اذا مسك الانسان بيديهِ قطبي بطارية ذات كاسٍ واحدة لم يشعر بتاثيرها واما اذا مسك بقطبي بطارية قوية فيشعر بالألم ولا سيّما اذا بلّل كفيهِ بالماء الملح لزيادة الايصال فان تاثيرها قد يعطبهُ. هذا وقد رُدّت الارانب بكهربائية البطارية الى الحياة بعد ان خُنقت نصف ساعة من الزمان . واذا جرَى المجرى الكلفاني في جسد الميت شنّجهُ وحرّكهُ تحريكًا يرعب الناظر . واذا جرى في دماغ الحي اثر فيهِ تاثيرًا غريبًا حتى صار ذلك يستخدم اليوم لكشف وظائف الدماغ

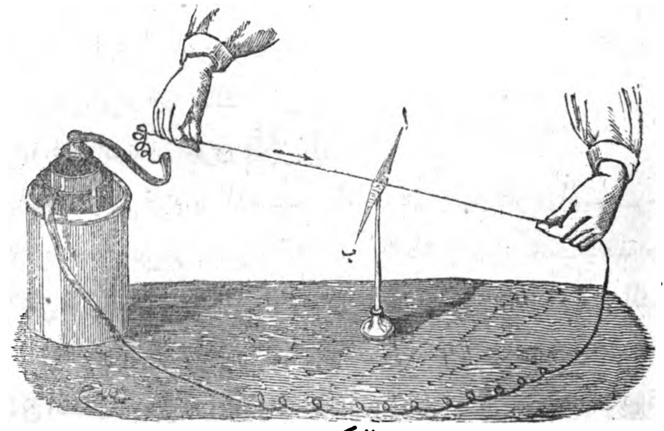
الفصل الرابع

في الكهربائية المغنطيسية

(٤٦٦) فعل المجرى في المغنطيس * الكهربائية المغنطيسية فنٌّ يُبحث فيهِ عن الظواهر التي تظهر من المغنطيسية والكهربائية معًا . والذي ادّى الى وضعهِ اكتشاف العلّامة ارْستِد استاذ الطبيعيات في كوبنهاكن وهو انهُ اذا مرّ مجرى كهربائي فوق ابرة

مغنطيسية او تحتها يحرفها عن وضعها الاصلي فتطلب ان تكون عمودية عليهِ

ولبيان ذلك خذ ابرةً مغنطيسيةً متحركة وموضوعة في الماجرة المغنطيسية كالابرة ا ب في الشكل ٢٦٧ ثم قرّب منها شريطًا تجري الكهربائية عليهِ فتنحرف الابرة عن وضعها الاصلي وتهتزّ ثم تهدأ على زاوية قائمة على الشريط تقريبًا . ويقرب وضعها من الزاوية القائمة على الشريط كلما زاد المجرى الكهربائي قوةً * ثم اذا كان الشريط فوق الابرة وجرت الكهربائية عليهِ من الجنوب الى الشمال



الشكل ٢٦٧

انحرف قطب الابرة الشمالي غربًا . واذا جرت من الشمال الى الجنوب انحرف قطب الابرة الشمالي شرقًا . ويعكس ما تقدم ان كان الشريط تحت الابرة . وعليهِ وضع أمبير القاعدة الآتية لترسخ جهات الابرة في الذهن وهي : اذا توهم الناظر نفسهُ منطرحًا فوق الابرة او تحتها بحيث يكون وجههُ متجهًا اليها في الحالين وقام مقام قطعة من الشريط ومرّ المجرى الكهربائي من رجليهِ وخرج من راسهِ انحرف القطب الشمالي من الابرة الى يسارهِ دائمًا * وكما ان المجرى الكهربائي يحرف المغنطيس كذلك المغنطيس يحرف المجرى الكهربائي

(٤٦٧) الكَلْڤَانُومِتْرِ* هو آلة تقاس بها قوّة المجرى الكهربائي وجهتهُ. وقد اخترعهُ شْڤِيكَر الجرماني بعد اكتشاف ارستد بزمان يسير على المبدإ الآتي

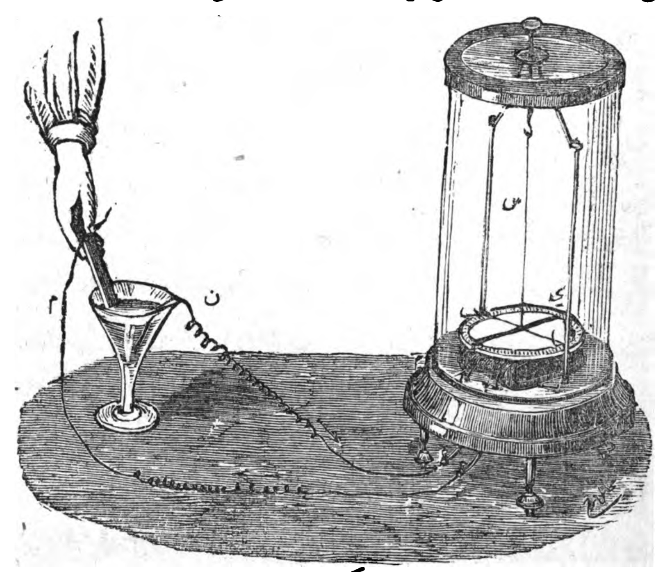
اذا لففنا الشريط فوق الابرة وتحتها من قطب الى قطب كما ترى في الشكل ٢٦٨ واجرينا المجرى الكهربائي فيهِ انحرف قطب الابرة الشمالي الى يسار الناظر كما في قاعدة امپير وكان انحراف الابرة اعظم من انحرافها في الشكل ٢٦٧ لان الشريط يؤثّر فيها هنا من فوقها وتحتها وما بينهما ولا يؤثّر فيها هناك الّا من فوقها فيزداد تأثير المجرى الكهربائي

الشكل ٢٦٨

فيها مع بقائهِ على قوتهِ بزيادة عدد اللفات حتى يصير المجرى الضعيف جدًّا كالمجرى القوي على شريطة واحدة. فتقاس قوتهُ بانحرافها ولو كانت ضعيفة جدًّا ولا يخفى ان مغنطيسية الارض من شانها ان توجّه قطب الابرة الشمالي الى الشمال فتقاوم انحرافها بالمجرى الكهربائي . ولذلك يضعون ابرة فوق أُخرى بحيث يكون القطب الشمالي من الواحدة تجاه الجنوبي من الاخرى والجنوبي تجاه الشمالي. فلا تعود الارض تقاوم انحرافها بالمجرى الكهربائي الّا قليلاً لانها تجذب قطب الواحدة كما تدفع قطب الأُخرى تقريبًا اذ تجعل مغنطيسية الواحدة اقوى من مغنطيسية الأُخرى قليلاً فتبقيان خاضعتين لتاثير المجرى الكهربائي فيهما ويقال لهما النظام الأَسْتاتيك

ترى في الشكل ٢٦٩ صورة الكلڤانور . ب لفة من الشريط الملفوف حولهُ حرير لفصلهِ فتجري الكهربائية عليهِ كلهِ ون الشريطة الداخل المجرى الكهربائي عليها من البطارية او نحوها الى اللفة وم الشريطة الخارج عليها من اللفة الى البطارية او نحوها . وس خيط من الحرير يتعلّق بهِ نظام استاتيك بحيث

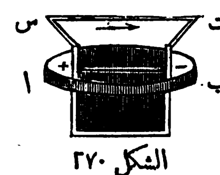
تكون احدى ابرتيهِ داخل تجويف اللفة والاخرى ا ب فوق دائرة مقسّمة .
وشريط اللفة ملفوف على نحاس وموضوع على قرص من النحاس ايضًا له لوالب
لجعل سطحهِ افقيًّا . فيعرف وجود المجرى الكهربائي على الشريط من انحراف



الشكل ٢٦٩

قطب الابرة وتعرف شدتهُ من مقدار انحرافهِ وتعرف جهتهُ من جهة انحرافهِ.
ويسمى الكلفانومتر بالريومتر والمضاعف ايضًا لانهُ يزيد قوة المجرى الكهربائي

(٤٦٨) فعل مجرى بمجرى * ضع شريطة على موازاة شريطة
أُخرى وأجرِ المجرى في كل منها فاذا جرى المجريان في جهة واحدة
تجاذبتا واذا جريا في جهتين متعاكستين تدافعتا .



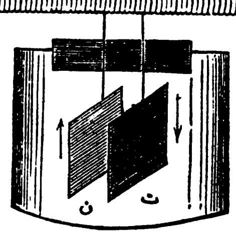
الشكل ٢٧٠

ولبيان ذلك ضم صفيحة من التوتيا الملغمة الى
أُخرى من النحاس وثبّتهما في قطعة من الفلين ا ب
(الشكل ٢٧٠) حتى يعوما عند وضعهما في حامض

تخفف. وصِل بين قطبيها الايجابي والسلبي بشريطة س ت فيجري المجرى عليها في جهة السهم. ثم صل بين قطبي بطارية بشريط حتى يجري المجرى عليهِ وقرّبهُ بيدك موازيًا للشريطة س ت. فان كان المجرى جاريًا عليهِ في جهة السهم جذب الشريطة س ت اليهِ وان كان جاريًا في عكس جهة السهم دفعها

هذا اذا كان الشريطان متوازيين واما اذا قاطع احدها الآخر وكان ثابتًا والآخر قابلاً للحركة فاذا جرى المجريان فيهما نحو نقطة التقاطع او عنها تجاذبا واذا جرى احدهما نحوها والآخر عنها تدافعا

(٤٦٩) اللفّة القنويّة * خذ اسطوانة فارغة كربشةٍ مثلاً وادخل في ثقب بجانبها شريطًا مفصولاً متصلاً بلوح النحاس ن (الشكل ٢٧١) ومدَّهُ في محورها حتى يخرج من احد طرفيها ثم لفّهُ على خارجها لفًّا لولبيًّا من طرف الى طرف وادخلهُ فيها من الطرف الآخر ومدَّهُ في محورها ثم اخرجهُ من ثقب في جانبها وصِلهُ بلوح التوتيا فيتكوّن منهُ لفّة كالقناة ولذلك يقال لهُ القنوية



الشكل ٢٧١

والتفاف الشريط فيها اما ان يكون من اليمين طالعًا الى اليسار وعينك تنظر داخلها من طرف من طرفيها او من اليسار طالعًا الى اليمين وعينك كذلك. فاذا جرى المجرى الكهربائي في لفّة من النوع الاوّل داخلاً من الشمال وخارجًا من الجنوب اكسبها هذه الخصائص (١) اذا كانت متحركة وتُركت لذاتها فعلت بها الارض كما تفعل بالابرة المغنطيسية ووقّعتها في خط الهجر المغنطيسي ووجّهت شمالها الى الشمال وجنوبها الى الجنوب (٢) اذا قُرّب القطب الشمالي من المغنطيس الى قطبها الشمالي تدافعا واذا قرّب الجنوبي تجاذبا (٣) اذا قرّب اليها لفة قنوية من نوعها فيها مجرى كهربائي تجاذبتا وتدافعتا كانهما مغنطيسان * واذا جرى المجرى الكهربائي في لفة من النوع الثاني انعكس القطبان وجذبها ودفعها

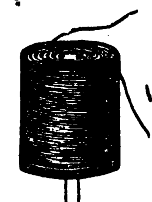
(٤٧٠) راي امپير في القوة المغنطيسية * يستنتج مما تقدَّم انهُ اذا جرى المجرى الكلفاني على لفّة صيَّرها مغنطيساً قطباهُ يتغيَّران حسب الجهة التي يجري المجرى فيها على اللفة . ويمكن ان يعكس هذا الاستنتاج فيكون المغنطيس جسماً تجري الكهربائية على دقائقهِ وهذا هو راي امپير . اما اللفة فيجري فيها مجرًى واحد واما المغنطيس فيجري مجرى في كل دقيقةٍ من دقائقهِ ولذلك تكون مجارٍ بهِ عديدة جدًّا ثم اذا تصوَّرناهُ مؤلفاً من سافات من الدقائق بعضها بجانب بعض فمجاري الدقائق التي في وسط الساف يبطل بعضها بعضاً حتى تبقى قوة مجاري الساف كلهِ معادلة لقوة مجرًى واحد يحيط بها على سطح المغنطيس . واما من جهة هذه المجاري المزعوم بها فتكون على ما يظهر من اللفة القنوية معاكسة لجهة عقارب الساعة في القطب الشمالي من المغنطيس ومطابقة لجهة عقارب الساعة في القطب الجنوبي منهُ (اي انها تكون من اليمين الى اليسار في الشمالي وبالعكس في الجنوبي)

(٤٧١) مغنطيسية الارض * وعلى ما تقدَّم تعلَّل مغنطيسية الارض بانها مجارٍ كهربائية تجري حولها من الشرق الى الغرب عمودية على الهاجرة المغنطيسية (عد ٤١٤) والمظنون ان هذه المجاري تحصل من تفاوت حرارة الشمس على اقسام مختلفة من الارض من الشرق الى الغرب لان تفاوت الحرارة يهيج الكهربائية كما سيجيء (عد ٤٨٤) . ولما كانت هذه المجاري تجري حول الارض من الشرق الى الغرب وكانت مجاري الابرة المغنطيسية تجري حولها على عرضها لا على طولها فهي لا تهدأ حتى تصير مجاريها موازية لمجاري الارض اي حتى يتجه طولها شمالاً وجنوباً

---

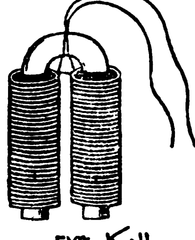
(٤٧٢) المغنطيس الكهربائي * تقدَّم (عد ٤٠٨) ان المغنطيس الصناعي يصطنع بالكهربائية وتقدَّم بيان ذلك في كهربائية الاحتكاك (عد ٤٤١) واما في الكهربائية الكلفانية فاذا لفَّ شريط مفصول على حديد ليّن ووصل طرفاهُ بقطبي بطارية كلفانية فعند ما يجري المجرى الكهربائي في الشريط يصير الحديد مغنطيساً

وعندما ينقطع عن الشريط يفقد الحديد مغنطيسيتهُ. واذا بدل الحديد بالفولاذ صار مغنطيسًا دائمًا. وكلما زاد عدد لفات الشريط زاد المغنطيس قوة حتى انهم قد صنعوا كذلك من المغنطيس ما يحمل ٢٥٠٠ ثقل من ثقلهِ * ترى (الشكل ٢٧٢) صورة لفّة ا اذا وُصل طرفا شريطها ببطارية كلفانية ووضع اسفلها قضيب ب من الحديد فعند جري الكهربائية فيها يتمغنط القضيب فتجذبهُ وتحملهُ حاملاً ثقلاً كبيرًا وتعلقهُ بين السماء والارض لا شيء فوقهُ ولا شيء تحتهُ. فيظهر من ذلك ان اللفة والقضيب يتمغنطان معًا



الشكل ٢٧٢

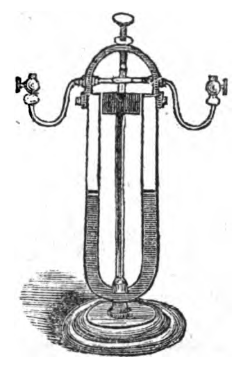
اما المغنطيس الكهربائي فحديدة لينة على شكل نضوة الفرس (الشكل ٢٧٣) يلفُّ شريط مفصول من النحاس على ساعديها فتتمغنط عند جري المجرى الكهربائي في لفتي الشريط تمغنطًا وقتيًا يزول عند انقطاع المجرى. ويصنع ايضًا من قضيبين من الحديد يصل بينها قضيب ثالث ويلفُّ عليهما الشريط. وتزداد قوتهُ بتعاظم حجمهِ وازدياد التفاف الشريط عليهِ واشتداد المجرى الجاري فيهِ



الشكل ٢٧٣

(٤٧٣) حصول الحركة الميكانيكية بالكهربائية * اذا مغنطنا قضيبًا من الفولاذ بلفّةٍ من الشريط ثم عكسنا جهة المجرى عليها انعكس قطبا هذا المغنطيس فيستخدم ذلك للحصول على حركة متصلة * ترى في الشكل ٢٧٤ آلة پاج الدوّارة وهي مؤلفة من مغنطيس نضوي قائم ومغنطيس كهربائي صغير بين قطبيهِ موضوع على قضيب يدور حاملاً اياهُ. وفوق المغنطيس الكهربائي زنبركان موضوعان بحيث انهُ لا يدور دورة حتى يكون المجرى الكهربائي قد مرَّ من كل منهما الى الشريط الملفوف على المغنطيس الكهربائي فيجري المجرى الكهربائي عليهِ تارةً الى

جهة وأخرى الى عكسها ولذلك يتغيّر قطباهُ مرّتين في كل دورة . ثم ان قطبي المغنطيس النضوي القائم يجذبان قطبي هذا المغنطيس الكهربائي ولكن هذين لا يصيران مقابلها حتى يكونا قد انعكسا بانعكاس جهة المجرى الكهربائي على الشريط . ولذلك يقع الدفع بينهما وبين قطبي المغنطيس القائم فيبعدان عنها دائرين حتى يعود كل منهما ويقارب عكسهُ من قطبي المغنطيس القائم فيقع الجذب بينهما كالسابق ومتى تقابل الاثنان المتجاذبان تنعكس جهة المجرى الكهربائي فيتدافعان وهلمّ جرًّا . فيحصل من الجذب والدفع دوران المغنطيس الكهربائي والقضيب الحامل له وذلك هو الحركة المطلوبة. وقد يكون دورانهُ سريعًا جدًّا حتى يصير عدد الدورات ٢٥٠٠ دورة في الدقيقة فتنعكس جهة المجرى ٥٠٠٠ مرة فيها



الشكل ٢٧٤

(٤٧٤) الآلات المغنطيسية الكهربائية * هذه الآلات تصنع على مبدإ من مبدأين فاما ان تصنع على مبدإ ان المغنطيس يكتسب القوة المغنطيسية والمجرى الكهربائي جارٍ حولهُ ويفقدها عند انقطاع المجرى عما حولهُ فيكون لهُ قوة الجذب والدفع في الحال الأولى ولا يكون لهُ قوة منهما في الحال الثاني فلا يحرّك غيرهُ . واما ان تصنع على مبدإ انعكاس جهة المجرى الذي سبق بيانهُ . وقد صنع منها آلات بقوة ثمانية وعشرة احصنة ولكنها لم تكثر في الاستعمال لكثرة ما يقتضي لها من النفقة. فانهُ يلزم للمجرى الكهربائي وقود كما يلزم للحرارة وقود . ووقود المجرى الكهربائي التوتيا وهذه يقتضي ان يوقد منها لتحريك آلة بقوة عشرة احصنة ما قيمتهُ اعظم جدًّا من قيمة الفحم الحجري الذي يوقد لتحريكها

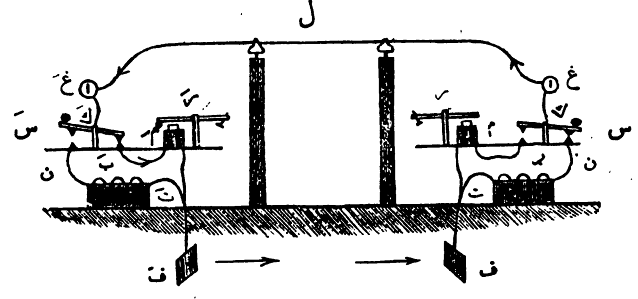
(٤٧٥) التلِغراف الكهربائي * من اعظم منافع الكهربائية

في اعمال الناس التلغراف تنقل بهِ الاخبار من ناحية في الارض الى اخرى بسرعة عظيمة. وتاريخهُ طويل والمخترعون فيهِ كثيرون واتمّ انواعهِ واغلبها استعمالاً تلغراف مورس الاميركاني ومبدأهُ مبدأ المغنطيس الكهربائي كما سترى

اما الادوات الجوهرية التي يتألف منها هذا التلغراف فثلاث: بطارية لتهييج الكهربائية وشريط موصل لايصال المجرى الكهربائي والراقم لخط العلامات المستعملة للدلالة على حروف الهجاء. فالبطارية الغالب استعمالها بطارية كروف. والشريط اما ان يمدّ في الهواء او تحت الارض او في الماء. فالاوَّل يُصنَع من الحديد المفصول ويمدّ بين مكانين مارًّا على اعمدة خشبية عليها سندات فاصلة من الخزف الصيني لتسندهُ. والثاني يمدّ في المدن حيث يخشى انقطاعهُ في الهواء ويصنع عادةً من النحاس الملبّس بالكوتابرخا لفصلهِ فلا تتبدّد كهربائيتهُ في الارض التي يمرّ فيها. والثالث يمد في البحور بين بلاد وبلاد ويُصنَع بفتل شرائط من النحاس الخالص الواحدة على الاخرى ثم بفصلها بجسم فاصل وتلبيسها اجسامًا تقيها من تأثير الماء فيبلغ قطر شريطها قيراطًا بعد كل ذلك. والراقم سيأتي تفصيلهُ بعد الكلام على ارسال الرسالة البرقية

(٤٧٦) ارسال الرسالة البرقية * لنفرض اننا مددنا الشريط ل بين مكانين كبيروت س ودمشق سَ (الشكل ٢٧٥) ووضعنا في كل منهما بطاريةً ب وبَ حتى تجري الكهربائية الايجابية من ت في جهة ن ومن تَ في جهة نَ وان ك كَ مفتاحان لارسال الكهربائية (وسياتي ايضاحها) وغ غَ كلفانومتران وم مَ قابلتان وهما مغنطيسان كهربائيان وسُمّيا قابلتين لقبولهما الكهربائية. ور رَ راقمان يرقمان علامات الحروف. وف فَ لوحان من المعدن مساحة سطح كل منهما عدة اقدام مربعة وهما نازلان في الارض. فاذا اراد العامل بالتلغراف ان يبعث

رسالة برقية الى دمشق ضغط باصبعهِ طرف المفتاح ك حتى يمسّ اسفلهُ حديدةً تحتهُ فيجري المجرى الكهربائي من ن القطب الايجابي للبطارية ت مارًّا على المفتاح والكلفانومتر غ والشريط ل الى محل التلغراف في دمشق ثم يمرُّ على الكلفانومتر غَ والمفتاح كَ والقابلة مَ وينزل الى اللوح فَ ويجتاز منهُ الى الارض فيجري فيها في جهة السهمين حتى يصل الى ف في بيروت ومنهُ الى القطب السلبي ت من البطارية ب حيث يتمُّ الدائرة وتكون م حينئذٍ منفصلة عن ت حتى يجري المجرى

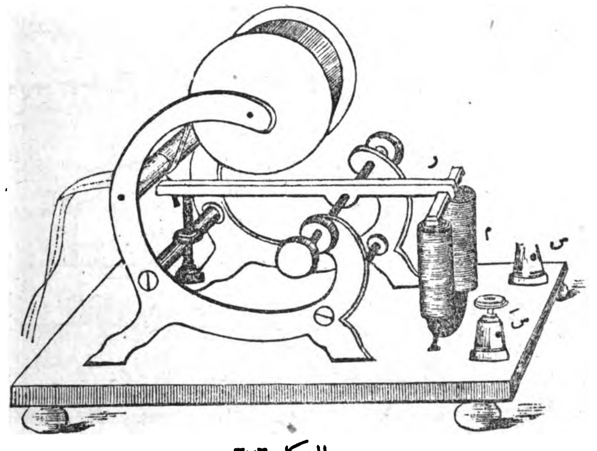


الشكل ٢٧٥

الكهربائي كما ذكرنا. وما زال طرف المفتاح ك مضغوطًا على ما تحتهُ يبقى المجرى على ما تقدم ولكن حالما ترفع الاصبع يرجع طرف المفتاح الآخر بقوة زنبرك ويمسُّ نتوًّا تحتهُ ويرتفع الطرف الاوَّل عما تحتهُ كما ترى عند سَ* واذا اراد العامل في دمشق ان يبعث الرسالة ضغط طرف المفتاح عندهُ فتجري الكهربائية من البطارية بَ على نحو ما ذُكر حتى تعود اليها فيصير سَ الباعث وس القابل الراقم * هذا جزء من آلةٍ (الشكل ٢٧٦) فيها مغنطيس كهربائي م ملفوف عليهِ شريط دقيق وطويل جدًّا من النحاس . فيتصل احد طرفَي هذا الشريط بالشريط الممتدّ بين المكانين ل (الشكل ٢٧٦) بواسطة اللولب سَ ويتصل طرفهُ الآخر بشريط اللوح المعدني ف في الارض بواسطة اللولب س فعند ما يضغط المفتاح في دمشق لارسال الرسالة البرقية الى بيروت مثلاً يجري المجرى على لفتَي المغنطيس الكهربائي في بيروت فيجذب هذا المغنطيس الحافظة

(٤٧٧)

المتصلة بطرف الراقم ر (الشكل ٢٧٦) فينخفض هذا الطرف ويرتفع الطرف الآخر. وفي هذا الطرف مسمار مرأس فعند ارتفاعهِ يمسُّ سيرًا من الورق يُنشَر عن ملفّ ويُسحَب بواسطة دواليب كدواليب الساعة (لم ترسم في الشكل) فيغمزهُ راسمًا عليهِ نقطة او خطًّا طولهُ حسب المراد وعند ما يرفع الضغط عن



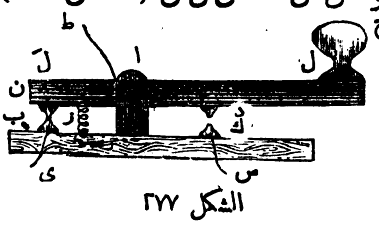
الشكل ٢٧٦

المفتاح في دمشق ينقطع المجرى عن المغنطيس الكهربائي في بيروت فينخفض الطرف الذي فيهِ المسمار من الراقم ويرتفع الطرف المتصل بالحافظة. ثم يعود العامل فيضغط المفتاح في دمشق فيعود المسمار ويغمز الورق في بيروت على ما تقدم وهكذا حتى تنتهي الرسالة. وتكون علامات الحروف فيها نقطًا وخطوطًا والفرق في خطها يتوقف على تقصير زمان ضغط المفتاح وتطويلهِ. وهاك علامات مورس للحروف الافرنجية. فيفصل الحرف عن الحرف في الكلمة قليلاً

A	. —	J	- — — —	R	- — -
B	— - - -	K	— - —	S	- - -
C	— - — -	L	- — - -	T	—
D	— - -	M	— —	U	- - —
E	-	N	— -	V	- - - —
F	- - — -	O	— — —	W	- — —
G	— — -	Ö	— — — -	X	— - - —
H	- - - -	P	- — — -	Y	— - — —
I	- -	Q	— — - —	Z	— — - ,

وتفصل الكلمة عن الكلمة اكثر من ذلك . وقد يمرن سمع المشتغلين بالتلغراف حتى يصيروا يعرفون الحروف من سماع صوت وقع الحافظة على المغنطيس الكهربائي م فيستغنون عن الراقم. وعلى ذلك اخترعوا الصائتة وهي مغنطيس نضوي صغير امامهُ حافظة يبعدها زنبرك عنهُ . فاذا مرَّ المجرى الكهربائي فيهِ يجذب الحافظة فتقع عليهِ بصوت قوي واذا انقطع عنهُ المجرى الكهربائي تندفع عنهُ بقوة الزنبرك فتعرف علامات الحروف من صوتها * هذا وقد ظهر ان مدار التلغراف الكهربائي كلهِ على وصل الدائرة الكهربائية وفصلها في محل واحد ومغنطة المغنطيس الكهربائي ونزع مغنطيسيتهِ بذلك في محل آخر على التعاقب

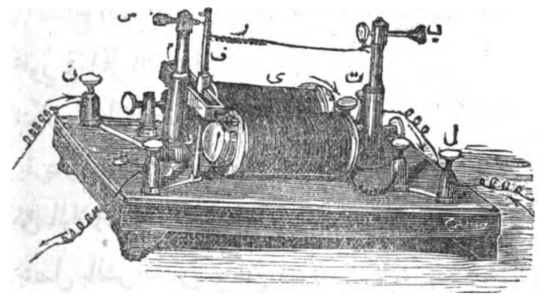
(٤٧٨) مفتاح التلغراف * هو مخلٌ من النحاس ل لَ (الشكل ٢٧٧) يتحرَّك على محورٍ في اعلى العمود ا وعلى اسفلهِ نتوَّان من البلاتين د ون وهذان يقرعان على نتوَّين آخرين من البلاتين ك وب



الشكل ٢٧٧

فالاوَّل ك يتصل بالشريط س والثاني ب يتصل بالشريط ى والشريطان المذكوران يتصلان بقطبي البطارية (الشكل ٢٧٧) فاذا ترك المخل لذاتهِ مسَّ ن ب بقوة الزنبرك ز . ويتصل بالمحور الذي في ا من المخل شريط ثالث ط وهو الشريط الطويل الذي يمتدُّ بين المكانين. فاذا كان المفتاح قابلاً كما في الشكل جرى المجرى الكهربائي من المحل الباعث على ط ا لَ ن ب ى ثم مرَّ على آلة الراقم لكتابة الرسالة كما مرَّ وجرى من هناك الى الارض حيث يتصل بالقطب السلبي من البطارية . ثم اذا ضغط على المفتاح صار باعثاً فيجري المجرى الكهربائي على س ك د ا ط الى المحل البعيد. فالذي يريد ان يبعث الرسالة يدق بمفتاحهِ فتجري الكهربائية منهُ الى محل الآخر فيقرأ هذا الرسالة ويشهرها وقبل الدق ينبه القابل في المحل الآخر وذلك بان يرسل الباعث المجرى الكهربائي فيقرع جرساً في المحل الآخر فيستعد القابل لقبول الرسالة

(٤٧٩) المَدَد * اذا زادت المسافة بين المكانين عن خمسين ميلاً يضعف المجرى الكهربائي من مقاومة الشريط له ومن عدم تمام الفصل فلا يؤثّر في المغنطيس الكهربائي تاثيرًا كافيًا للخط على الورقة . فاخترعوا آلة المدد ليمدّهُ بكهربائية بطارية توضع في المكان الذي فيهِ المغنطيس النضوي . ويتضح لك المدد من الشكل ٢٧٨ ل الشريط المتد بين المكانين وت الشريط المتد الى الارض ون الشريط المتصل بالقطب الايجابي من البطارية المحليّة وز المتصل بالقابلة ومنها بالقطب السلبي. فيجري المجرى الكهربائي من المحل الباعث الى ل ويدور على شريط المغنطيس الكهربائي ى ثم يخرج من ت ويجري الى الارض. فكلما جرى

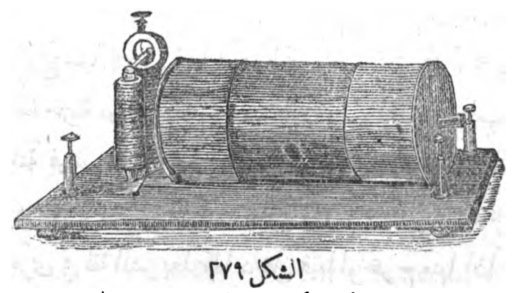


الشكل ٢٧٨

على شريط ى يتمغنط ى فيجذب الحافظة ا المثبتة بطرف مخل قائم ف يتحرك على محور افقي في وسطهِ. وكلما انقطع المجرى الكهربائي عن شريط ى يسحب الزنبرك ر المخل ف فيبعد الحافظة ا عن ى. ولذلك متى جُذبت الحافظة ا الى ى يتحرك الطرف الاعلى من المخل ف الى الجهة المخالفة ويمسّ اللولب س فيصعد المجرى من البطارية المحليّة على الشريط ن الى م وس وينزل على ف الى ز ومنهُ الى المغنطيس الكهربائي في القابلة م (في الشكل ٢٧٦) فيجذب هذا المغنطيس حافظتهُ ويحرّك الراقم لخط العلامات . والخلاصة ان الباعث يدق المفتاح في محلّهِ فيجري المجرى الكهربائي الى المحل الآخر ويحرّك المخل ف في المدد فترسل البطارية الموضوعة في هذا المحل كهربائيتها على الطريق الذي هيّأهُ لها المجرى

الآتي من المحل البعيد فتحرِّك كهربائيتها الراقم بقوة كافية

(٤٨٠) حلُّ مجرًى لمجرًى * لفَّ شريطًا موصلاً مفصولاً على اسطوانة ثم لبِّس هذه اللفَّة قرطاسًا متينًا واطلهِ بالصمغ ثم لفَّ حولهُ لفَّة ثانية لا تتصل بالأولى وصِل طرفَي اللفة الاولى ببطارية وطرفَي الثانية بكلڤانومتر. فعند ما يجري المجرى في الاولى يحلُّ كهربائية اللفة الثانية الخارجية ويهيج فيها مجرًى يجري في عكس جهتهِ كما يعلم من الكلڤانومتر ويُسمَّى مجرى الاولى الاوليَّ ومجرى الثانية الثانويَّ الأَّ ان هذا المجرى الثانوي ينقطع بعد قليل ولا يعود يظهر حتى يُفصَل شريط الاولى عن البطارية فيظهر حينئذٍ جاريًا في جهة المجرى الاوليّ حتى ينقطع ثانيةً. وتسمَّى اللفتان معًا لفَّة الحدة * وقد ظهر بالتجارب المتنوعة ان كل مجرًى مبتديٍ او مقرَّب لشريط موصل او متزايد القوة لسبب من الاسباب يحدث في الشريط المجاور له مجرًى يجري في عكس جهتهِ وان كل مجرًى منقطع او مُبعَد عن شريط موصل او متناقص القوة لسبب من الاسباب يحدث في الشريط المجاور له مجرًى يجري في جهتهِ



الشكل ٢٧٩

ترى في الشكل ٢٧٩ لفَّة حدَّة متصلاً شريطها الداخلي بقطبي بطارية لم ترسم هنا. فبعد مرور المجرى الكهربائي فيهِ يمرُّ على مغنطيس كهربائي امامها فيجذب المغنطيسُ حافظةً تجاههُ. فتنفصل الدائرة و يفقد المغنطيس مغنطيسيتهُ فتنفلت الحافظة منهُ وترجع الى مكانها بقوة زنبرك فتتصل الدائرة و يعود المجرى الكهربائي. وبهذا الفصل والوصل يتهيج المجرى الثانوي في الشريط الخارجي على

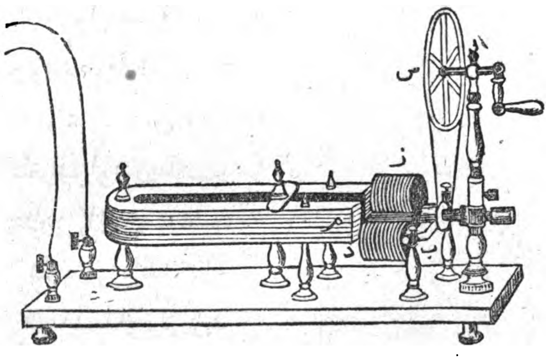
ما تقدم ويوضع في تجويف هذه اللفة حزمة من شريط الحديد فتزيد قوة المجرى الكهربائي في اللفة الخارجية بالحل ايضاً . ويمتد طرفا الشريط الخارجي فيمسك بهِ المرضى ليتعالجوا بالمجرى الثانوي. وهذا الشكل كثير الاستعمال في الطب

وعلى هذا المنوال تصنع لفة رُمكُرف فيلف على الانواع الكبيرة منها من ثلاثين الى خمسين ميلاً من الشريط. وقد استنبط لها رِتْشي الاميركي استنباطات عديدة بها جعل المجرى شديدًا جدًّا فصنع منها لفة تخرج شررًا طولهُ ٥ ا قيراطًا وتملأ القنينة الليدنية وتفرغها بصوت كطلق البارودة بسرعة عظيمة. ولمجرى لفة رُمكُرف من التأثير في الاجسام ما للبطارية ولكن تاثيرها اشدّ

(٤٨١) حلّ المغنطيس للمجرى * كما ان المجرى الكهربائي يحلّ مجرًى آخر في شريطٍ بالقرب منهُ (عد ٤٨٠) كذلك المغنطيس يحلّ المجرى الكهربائي في الشريط الذي حولهُ. فاذا صُنِعت لفة من الشريط ووصل طرفاها بالكلفانومتر ثم أُدخل طرف قضيب من المغنطيس بغتةً في جوفها حصل فيها مجرًى كهربائيّ وقتيّ معاكس في جهتهِ لجهة المجرى المظنون انهُ يدور حول المغنطيس (عد ٤٧٠) كما يستدلّ بالكلفانومتر . ثم ان هذا المجرى ينقطع ما دام المغنطيس في اللفة ولكنهُ حالما يخرج منها يحصل فيها مجرًى آخر وقتي موافق لجراهُ * وكذلك اذا وضعنا في اللفة حزمة من شريط الحديد اللين وقرّبنا اليها القطب الشمالي من المغنطيس بغتةً فيظهر المجرى الكهربائي في اللفة ثم ينقطع ما دام المغنطيس على الحزمة ويعود جاريًا بعكس ما كان حال رفع المغنطيس عنها * وعليهِ يهيج المغنطيس مجرًى في لفة الشريط كلما دخل فيها او خرج منها اذا كان هو متحركًا وهي ثابتة . او كلما بعدت عنهُ وقرُبت منهُ اذا كانت هي متحركة وهو ثابت. فيحصل المجريان بتغيير وضع المغنطيس من اللفة ويحصلان ايضًا بزيادة قوة المغنطيس ونقصانها وهو في اللفة

وقد اخترعوا آلات شتى على هذا المبدإ تسمّى آلات كهربائية مغنطيسية منها هذه الآلة (الشكل ٢٨٠) م مغنطيس نضوي مركّب من عدّة مغنطيسيات بعضها

مرصوف فوق بعض و ب مغنطيس كهربائي مؤلف من ساعدَي حديد وحديدة ثالثة بينهما. فيدار الدولاب س فتدور اللفّتان تجاه قطبي المغنطيس وحينئذٍ يمغنط هذان القطبان ساعدَي الحديد بالحل والساعدان يهيجان مجرًى كهربائيًّا في كلٍّ من اللفّتين. ويجري المجرى على شريطين ممتدَّين من اللفتين تحت كرسي الآلة فيتمسَّك العليل بهما فيشعر بالهزّة الكهربائية ولا سيما اذا وضعت حافظة على المغنطيس النضوي. وهذه الآلة كثيرة الاستعمال في المعالجات الطبية لسهولة نقلها واستعمالها



الشكل ٢٨٠

(٤٨٣) الشمعة الكهربائية* تقدَّم (حد ٤٦٠) انهم يحاولون الان تعميم النور الكهربائي ومن جملة الآلات التي صُنعت لاستحضار هذا النور شمعة يَبْلُخْكُوف وهي مصنوعة من قضيبين رقيقين من الكربون المحضَّر يوضع احدهما قرب الآخر وعلى موازاته ويفصل بينهما بصفيحة من الكاوْلِين ثم يوصل بهما شريط آلة كهربائية مغنطيسية فتمتدُّ بينهما القوس الثلثانية بحرارة شديدة جدًّا تاكلهما. ولما كان القطب الايجابي منهما يؤْكل اكثر من السلبي فقد جُعل لهذه الشمعة تدبير حتى ان القطب الايجابي يكون تارةً على هذه الفحمة وطورًا على تلك بالتساوي فيبقى طول الفحمتين واحدًا ولا تنقطع القوس من بينهما حتى تحترقا كلتاهما معًا. حسبوا ان نفقة هذه الشمعة $\frac{1}{15}$ من نفقة شمعة تساويها من نور الغاز

(٤٨٣) التَّلِفُون* تلغراف لنقل الاصوات بالذات لا علامات الحروف الهجائية اخترعهُ بِل الاميركاني سنة ١٨٧٧



الشكل ٢٨١

وهذه صورة مقطوعهِ (الشكل ٢٨١) ا قضيب من المغنطيس مثبَّت بلولب في اسفلهِ و ب لفة من شريط النحاس المفصول ملفوفة حول راسهِ ويمتدُّ طرفاها س س الى د د ويتصلان من هناك بشريط التلغراف او بشريطين آخرين يمتدان الى حيث شئت وامام راس المغنطيس واللفة صفيحة ي ي من الحديد اللّين لا يزيد سمكها عن سمك قرطاس الكتابة المتين

وبيان نقل الاصوات بهِ ان المغنطيس ا يمغنط الصفيحة ي ي بالحل ومتى تكلَّم المتكلّم امامها تهتزُّ الى الامام والوراء فتغيّر باهتزازها هذا كيفية توزُّع المغنطيسية على المغنطيس ا فيحصل من هذا التغيير مجارٍ متعاكسة متقطعة في اللفة ب . وايضًا ان اقتراب الصفيحة ي ي الى اللفة وابتعادها عنها في اهتزازها يحدثان في اللفة مجاري كالمجاري التي يحدثها

المغنطيس ا فتنتقل هذه المجاري المتقطعة الى المحل البعيد حيث يكون تلفون آخر . وعند وصولها الى اللفة التي في هذا التلفون تجذب الصفيحة ي ي وتتركها على التوالي فتهتزّ هذه الصفيحة كما اهتزّت الصفيحة الاولى بصوت المتكلّم فتصوت صوتًا كصوتهِ . او تهزّ دقائق المغنطيس نفسهُ فيُسمَع الصوت من اهتزازها ولو لم تكن الصفيحة موجودة على ما يظنّ البعض



الشكل ٢٨٣

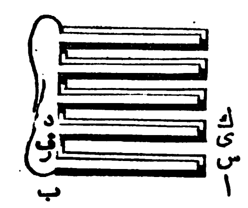
ترى في الشكل ٢٨٣ صورة رجل يكلّم غيرهُ ويسمع كلامهُ بالتلفون وقد تمكنوا من التكلم بهِ وبينهم نحو ٤٠٠ ميل اي بين فلبدلفيا وشيكاغو الّا ان صوتهُ لا يخلو من الرنّة المعدنية . اما طولهُ فنحو خمسة قراريط ونصف واما قطر فوهتهِ فاقلّ من ثلاثة قراريط . ويؤمل منهُ النفع العظيم في المستقبل

الفصل الخامس

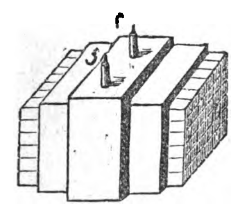
في كهربائية الحرارة

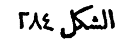
(٤٨٤) كما ان الكهربائية تتحوَّل الى حرارة كذلك الحرارة تتحوَّل الى كهربائية ويتضح ذلك من رصيف كهربائية الحرارة لنُوبِلي كما سترى

خذ صفائح من البزموث والانتيمون وصلها بعضها ببعض كما يتصل ا ب وس ر وي ف وك د الخ (الشكل ٢٨٣) واربط شريطة موصلة مفصولة بصفيحة البزموث ا ب واخرى بصفيحة الانتيمون العليا وبرّد اطراف الصفائح ب ر ف د الخ بثلج وضع حديدًا حاميًا على الاطراف ا س ي ك الخ. حتى تتفاوت حرارة الجانبين فيصدر منها مجرى كهربائي شديد ويجري على الشريط الى حيث يراد



الشكل ٢٨٣




الشكل ٢٨٤

واذا أُريد عمل رصيف كثير الصفائح بقصد الاستعمال رُصِف على ما ترى في الشكل ٢٨٤ ووُصلت صفيحة البزموث الاولى فيهِ بالشريطة م وصفيحة الانتيمون الاخيرة بالشريطة س فتكون م وس قطبيهِ الايجابي والسلبي. ثم انهُ ما دامت حرارة الاطراف على الجانبين على درجة واحدة لم يظهر شيء من الكهربائية واما اذا اختلفت على الجانب الواحد ولو يسيرًا جدًّا عما في الجانب الآخر (كما اذا

وقعت فراشة عليهِ او لاحت اليد امامهُ على بُعد عشرين او ثلاثين قدمًا) فيجري المجرى الكهربائي منهُ على الشريطين و يحرك الكلڤانومتر اذا كانا متصلين بهِ . ولذلك يستعمل هذا الرصيف لمعرفة وجود الحرارة مهما قلّت

الفصل السادس

في الكهربائية الحيوانية

(٤٨٥) قد مرَّ ان كلڤاني اكتشف مجرًى كهربائيًّا في الضفدع فهذا المجرى يجري في الحيوان الحي او الذي لم يطل زمان موتهِ من سطح جسدهِ الخارجي اي البشرة الى سطحهِ الداخلي اي الغشاء المخاطي وقد اثبت أَلدني ذلك بان اخذ راس ثور ووضع عليهِ العصب القطني من فخذ ضفدع ومسك طرف الفخذ بيدهِ وبلَّ يدهُ الأُخرى بماء ملح ومسك بها أُذن الثور فكانت فخذ الضفدع تتشنَّج كلما مسَّ عصبها الغشاء المخاطي على لسان الثور . واثبت متّيوشي الايطالي بعدهُ ان مجرًى ايجابيًّا يجري على الدوام من داخل العضلات الى خارجها * ويوجد من السمك ما يهزُّ ماسكهُ كانهُ قنينة ليدنية ممَّا فيهِ من الكهربائية كالرعَّاد في البحر المتوسط وهو سمكة عريضة طولها نحو عشرين قيراطًا تجري كهربائيتها على المعادن والماء وباقي الموصلات كما تجري عليها الكهربائية المعروفة . وكالانكليس الكهربائي في مياه اميركا الجنوبية فهذا قد قدَّر فارادي ان كهربائية انكليس منهُ طولهُ اربعون قيراطًا تخرج شرارة كشرارة بطارية ليدنية ذات خمس عشرة قنينة . وذكر همبُلْت ان الهنود اذا ارادوا صيدهُ ساقوا الخيل والبغال لتخوض الماء ووقفوا يصدُّونها عن الخروج منهُ . فيضطرب الانكليس من خوضها ويمرُّ على وجه الماء من تحت بطونها فيهزُّها هزًّا عنيفًا يصرع بعضها وينصب شعر اعراف البقية على اعناقها وتجعل عيونها تجحظ خوفًا حتى تفرغ

كهربائيته وتعبي قوَّته فيفرُّ من خوضها الى الشاطىء فيضربهُ الهنود بالحراب ويخرجونهُ بقطع غير موصلة من الخشب

ولا بأْس من ذكر اكتشاف بُوِلّه هنا وهو ان النبات يُفلت كهربائيةً سلبية عند طلوعهِ من البزر واكتشاف آخر وهو وجود مجارٍ كهربائية في الاثمار وجذور النباتات النامية وقشورها واوراقها وان كهربائية الجذور وكل اجزاء النبات الداخلية الملآنة عصارًا سلبية بالنسبة الى الاجزاء الخارجية او الاقل عصارًا

خلاصة الكتاب

(٤٨٦) سبق في المقدّمة ان مباحث الفلسفة الطبيعية مقصورة على التغيُّرات الطبيعية اي التي لا تلحق الصفات الخاصّة للمادّة بل العرضيّة فمن يعمل النظر في مباحث هذا المختصر يجدها تدور على اربعة امور: قوة الجذب وقوة الدفع والدقينة (المادية) والاستمرار. والى هذه ترجع كل التعاليل الفلسفية اذ هي الاسباب الموجبة للتغيُّرات الطبيعية المشار اليها. فان قوَّتي الجذب والدفع اذا فعلتا في دقائق المادّة على ابعاد غير محسوسة صيَّرتا بعضها جامدًا وبعضها سائلاً وبعضها غازيًّا واذا فعلتا ولاسيما قوة الجذب منهما في الاجسام (اي مجتمعات دقائق المادة) على كل الابعاد احدثتا ظواهر الحركة والسكون بحسب شرائع ثابتة قد مرَّ الكلام عليها في باب الجاذبية والحركة والميكانيكيات والسائلات والهوائيات. واذا فعلتا في الاجسام او في الدقائق حرَّكتها فتخطر بالاستمرار كما مرَّ في الرقاص او تهتزُّ اهتزازًا يؤَثر في حواسنا فنشعر بالصوت او النور او الحرارة او الكهربائية كما علمت في ابوابها

ولما كان فعل القوة في المادة انما يجري على طريق معيَّنة هي النواميس التي لا تتغيَّر الاَّ اذا شاء باريها كان حدوث حادث في عالم الطبيعة اتفاقًا محالاً

وكانت الصدفة والاتفاق في التعاليل الفلسفية لغوًا . اما القوة فلا نعلم ماهيتها ولكنّا نعلم بوجودها من فعلها في المادة ولا استطاعة لنا على خلقها ولا على ملاشاتها. نعم اننا نتوصل بمعرفة نواميسها الى استخدامها لقضاء اغراضنا ولكن لا يُزيد عليها ولا يُنقِص منها الاّ خالقها. فمهما تغيّرت صُوَر الهيولى وتعدّدت مظاهرها فالقوة انما تنتقل من حال الى حال بين جواهرها فتظهر حرارة وتنقلب كهربائية ثم نورًا وهلمّ جرًّا باقيةً ماهيتها كما هي الى ما شاء باني العالم بالهيولى ومدبر اموره بالقوة . انتهى

ملحق * وضعنا في صدر الكتاب صورة الآلة البخاريّة العالية الضغط الغالبة الاستعمال (انظر عد ٣٧٦) ا الاسطوانة وب غرفة البخار وس انبوبة البخار المتصلة بالخلقين ود الوالي الذي يدبر المصراع في انبوبة البخار فيخنقها تارةً ويقلّل مقدار البخار الداخل الى غرفة البخار ويتركها مفتوحة أُخرى فيزيد مقدار البخار الداخل الى غرفة البخار وبذلك يعدّل حركة الآلة وي دولاب يُلَفّ عليهِ سير من الجلد ويدار بهِ الوالي وف الطلمبا وج ركبة لجعل الحركة المستقيمة في هذه الآلة مستديرة وع قضيب يصل بينها وبين قضيب المدك وه قضيب المصراع المزحلق وبهِ يتحرّك هذا المصراع في غرفة البخار وك مصراع الوالي وص جسر الحركة الذي تنتقل القوة منهُ فتحرّك الدواليب المتصلة بالآلة البخارية * وكيفية عمل هذه الآلة ان البخار الداخل الى الاسطوانة ا يحرّك مدكّها بقوة مرونتهِ فيتحرّك قضيب المدك ذهابًا وايابًا ويحرّك ع . وع يحرك الركبة ج فتدور وتدبر جسر الحركة ص وهذا يدبر ما يتصل بهِ من الآلات . اما الفراش الكبير المتصل بهِ فالغرض منهُ ان يجعل دوران الجسر مستديمًا منتظمًا بما يكون لهُ من قوة الاستمرار

وكان الفراغ من تبييضهِ في ٢٤ حزيران سنة ١٨٨١

فهرس المواضيع

مرتّب على حروف الهجاء

الارقام التي فيهِ تدلّ على الاعداد

فهرس الكتاب

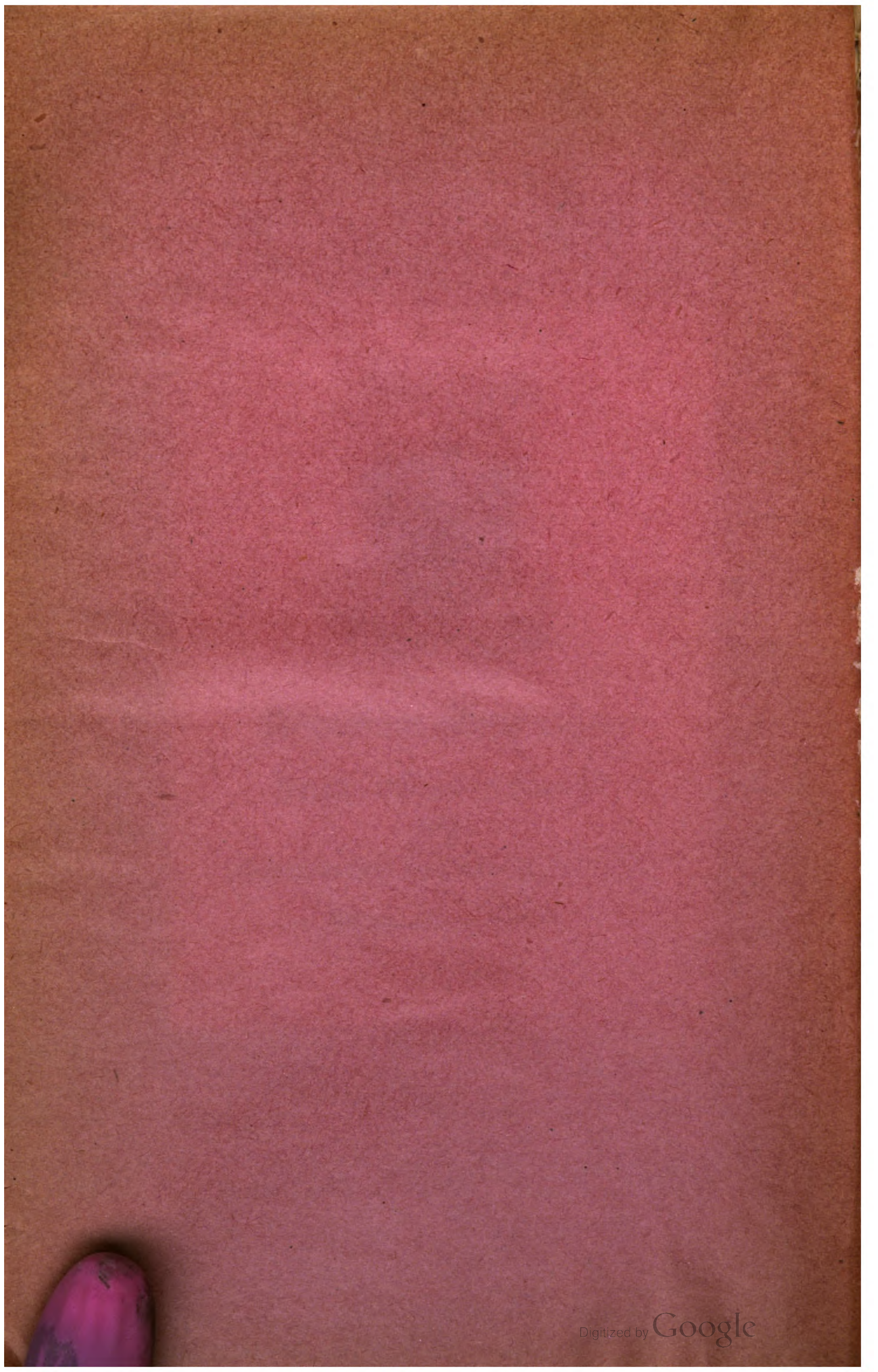
صفحة

الباب الثامن

الباب التاسع

صفحة

الباب العاشر


Digitized by Google

